

# EDUCACION en FISICA

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay



Volumen 2 Número 4

Diciembre 1996



**EDUCACION  
EN FISICA**  
Volumen 2 N° 4  
Diciembre de 1996  
Depósito Legal:  
299222/96

**Redactores Responsables**

Julia Leymonié  
Mariana Castelnoble

**Equipo de Redacción**

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

**Consultores de Redacción**

Mario Guerra  
Sara Viñas  
Eduardo Fiore  
Juan C. Yanplong  
Margarita Luaces  
Alicia Acland

**Colaboran en este número**

Adriana Durquet  
Patricia Linn

**Traducción:**

G.R.B. y Asociados  
Marcela Castelnoble

**EDUCACIÓN EN FÍSICA**

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

**Comisión Directiva de A.P.F.U**

Eduardo Bonda  
Julia Leymonié  
María L. Garcimartín  
Wilma Baisón  
Pedro Estramil

**Dirección de la Revista**

18 de Julio 1953 Piso 7 Of.26  
C.P. 11200 Montevideo  
Telefax. 48 68 02



**Portada**  
María L. Garcimartín  
Luis Garcimartín

**Publica:** Ediciones IDEAS  
Mercedes 1786  
Telefax. 48 69 85  
11200 Montevideo-Uruguay

# Indice

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Prensa</b> .....                                                          | 2  |
| <b>Tema Central</b>                                                          |    |
| Primer Congreso de<br>Gravedad Cuántica<br>en Punta del Este .....           | 3  |
| <b>Físicos uruguayos</b>                                                     |    |
| Ramón Méndez Galain .....                                                    | 16 |
| <b>Física y otras Ciencias</b>                                               |    |
| Vida y Cosmos .....                                                          | 20 |
| <b>Enseñanza de la Física</b> .....                                          | 34 |
| Una lección de Pedagogía<br>El papel de la Física en el<br>nuevo Plan Piloto |    |
| <b>Recomendaciones bibliográficas</b> .....                                  | 46 |
| <b>Resolución de Problemas</b> .....                                         | 48 |
| <b>Informaciones</b> .....                                                   | 49 |
| <b>Espacio de APFU</b> .....                                                 | 50 |



## Cómo enviar trabajos

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

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

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

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

a) para artículos de revista: apellido del autor(es), año, título del artículo encomillado, título completo de la revista, volumen, número y páginas.

Ejemplo: Lang da Silveira, F., Moreira, M.A. y Axt, R. (1992) "Habilidad en preguntas conceptuales y en resolución de problemas de Física" Enseñanza de las Ciencias, Vol. 10, N° 1, pp. 58-63.

b) para libros: apellido del autor(es), año, título del libro subrayado, editorial, lugar, número de páginas y número de edición, en caso de que el libro sea traducción, indicar entre paréntesis autor de la traducción, nombre original de la obra subrayado, editorial y año.

Ejemplo: Blatt, F. J. (1991) Fundamentos de Física, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 878 pp. 3ª. edición (Tr. española de Ing. Virgilio González Pozo, Principles of Physics, Prentice-Hall, Inc., 1989).

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

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

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

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

5. Los trabajos deben ser enviados a

**Julia Leymonie o Mariana Castelnoble**  
(Revista Educación en Física)

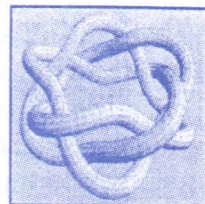
E-mail: leymonie@st.com.uy

18 de Julio 1953 Ap.702 - 11200 Montevideo

Telefax: 48 68 02

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

# Primer Congreso de Gravedad Cuántica en Punta del Este



*Entre el 10 y el 12 de Abril de este año se realizó en Punta del Este, una conferencia de carácter histórico para nuestro país, pues a ella asistieron muchos de los físicos más destacados de este fin de siglo a nivel mundial. Los temas tratados estuvieron relacionados con la dinámica de los agujeros negros, objetos que se encuentran estrechamente vinculados, a algunos de los misterios más desafiantes que debe enfrentar la Física contemporánea.*

*Tuvimos el privilegio de poder conversar con algunos de los expositores de la conferencia, que con gran entusiasmo y sensibilidad procuraron tender un puente en el camino hacia la comprensión de problemas muy complejos.*

*En este artículo aparece, a modo de introducción, un trabajo escrito por el Dr. Rodolfo Gambini, quien integró el Comité Organizador del Congreso junto a Jorge Griego, Jorge Pullin y Leonardo Setaro. A todos ellos les enviamos nuestro agradecimiento por la colaboración y el apoyo que en todo momento nos brindaron.*

*María Luisa Garcimartín,  
Mariana Castelnoble*

## Unificación y Gravedad Cuántica

La conferencia que organizamos en abril de 1996 estuvo centrada en los esfuerzos que se han estado realizando en los últimos años para la elaboración de una teoría cuántica de la gravedad. Cabe preguntarse por qué razón este problema se ha transformado en el centro de los mayores esfuerzos realizados por la Física en la última década de éste siglo.

Se puede decir que este estudio es continuación natural de la revolución operada en la Física a principios del siglo veinte. En efecto, apenas la Física se aparta del terreno seguro de la mecánica clásica newtoniana entra en un campo que a pesar de los éxitos alcanzados sigue estando lleno de incertidumbres. La Relatividad Especial, Mecánica



Cuántica y Relatividad General, procuran describir nuevas esferas de la realidad que quedaban fuera del alcance de la Física newtoniana. Respectivamente se ocupan de los fenómenos que involucran grandes velocidades, objetos muy pequeños, y campos gravitacionales muy fuertes. Sin embargo, cada una de ellas es en sí misma incompleta y en ocasiones inconsistente.

La relatividad especial no permite dar una descripción satisfactoria de los fenómenos gravitatorios, ni de la autointeracción de las partículas cargadas, y demanda nuevas generalizaciones para asegurar su consistencia interna. La relatividad general incluye los fenómenos gravitatorios pero lo hace al precio de universalizar el problema de la generación de singularidades, que estaba restringido al dominio de las partículas cargadas en relatividad especial. En efecto la teoría predice que casi cualquier distribución de materia generará eventualmente, debido al efecto atractivo de la fuerza gravitacional, densidades infinitas y distorsiones infinitas del espacio tiempo. Podríamos decir que el continuo espacio temporal terminaría rompiéndose si la relatividad general fuera universalmente válida.

Por otro lado si bien la mecánica cuántica permite resolver el problema de las singularidades generadas por los sistemas radiantes y da estabilidad a los átomos, convive muy difícilmente con la relatividad especial y amenaza destruir la visión local del universo sobre la que está construido el espacio tiempo relativista. La teoría cuántica de campos

aunque permite una mejor relación entre relatividad y mecánica cuántica introduce nuevas cantidades infinitas. En este caso las divergencias provienen de una incorrecta extrapolación de las propiedades de los campos a distancias muy pequeñas.

Guiada por la búsqueda de consistencia, la Física se ha visto llevada a la necesidad de construir una teoría de la gravitación cuántica.

Ella, no sólo es percibida como una teoría que describe los fenómenos de cierta escala, sino como la piedra angular que soportaría a todo el edificio de la Física moderna y permitiría rehacer la concepción misma que hoy tenemos de la realidad. Al combinar la mecánica cuántica con la relatividad, permitiría resolver tanto los problemas que plantea la teoría cuántica de campos como los planteados por la relatividad general.

Los primeros son producto de un tratamiento muy simplista de la estructura del espacio tiempo a distancias muy cortas, que hoy empezamos a entender en términos de nudos o cuerdas. Los que plantea la relatividad pueden resolverse al tratar a los agujeros negros como sistemas cuánticos similares a los atómicos lo que evitaría el colapso de la materia y la aparición de densidades infinitas. Es muy probable que estos sistemas jueguen un rol cosmológico esencial, que hoy apenas empezamos a vislumbrar.

*Rodolfo Gambini*



Universidad de Buenos Aires

## Entrevista a Esteban Calzetta

*E-¿Por qué los físicos se preocupan por encontrar una teoría de unificación de los campos?*

EC- Empezaron por una pregunta difícil. El asunto no es unificación por unificación misma, se trata de encontrar una descripción que sea simple, y que tenga lo que llamamos poder predictivo. Es decir, que no sólo permita reproducir los fenómenos que ya conocemos sino cosas nuevas que, si son verificadas, será señal de que estamos en la dirección correcta. Plantearán nuevos problemas y permitirán perfeccionar lo que ya conocemos.

Históricamente, en los últimos cien años, el camino de avanzar hacia una unificación más comprensiva ha sido realmente muy fructífero. Primero surgió la mecánica cuántica, después se abrió la Física nuclear, más tarde se abrió la Física de partículas. A la vez hemos tenido señales como por ejemplo la predicción de la existencia de partículas como la partícula  $w$ , que finalmente es encontrada alrededor de 1980. Estos hechos nos dan la confianza de estar en la dirección correcta, de que cada vez nuestra comprensión de la naturaleza es mejor. Y por ahora seguimos en ese camino. Si llegáramos a tener evidencias de que el mismo ha dejado de ser fructífero, buscaremos en otra dirección.

*E - ¿Qué lugar ocupa la teoría de la gravedad cuántica dentro de la búsqueda de la teoría de unificación de los campos?*

EC- No, la teoría de la gravedad cuántica no es una teoría, es un deseo. Precisamente esto es lo que estamos discutiendo acá, de qué forma se podría hacer una gravedad cuántica. Lo importante es que esa teoría sea compatible con los capítulos que ya están mejor establecidos. La teoría clásica de la gravitación está perfectamente bien establecida, yo diría que desde Newton, ya tiene trescientos años.

A principios de este siglo se da la teoría de Einstein. A nivel clásico eso está perfectamente establecido. Está la teoría del electromagnetismo que ya tiene cien años, y después las teorías cuánticas y todas las teorías de la Física de partículas elementales. Lo importante es que esta teoría que estamos

tratando de construir sea compatible con las cosas que ya se han inventado. En este sentido la teoría de la relatividad unificada pone límites en lo que podemos hacer, en cómo podemos hacer una teoría, una hipotética teoría cuántica de la gravedad.

*E - ¿Cuál es el papel que juegan los agujeros negros en esta búsqueda?. ¿Los agujeros negros existen?*

EC - El asunto es un problema de energías. A distintas temperaturas, a distintas escalas de la Tierra, uno tiene la capacidad de acceder a distintos fenómenos. Obviamente para la vida de todos los días uno no necesita una teoría cuántica de la gravedad, alcanza con las ramas clásicas de la Física. Con la termodinámica alcanza. Cuando uno se pregunta como funciona el filamento de una lámpara, ahí empieza a preocuparse por la mecánica cuántica ordinaria porque tiene que hablar de electrones que tienen ciertos niveles cuánticos. Si nos preguntamos qué está pasando en un acelerador de partículas, ahí ya no alcanza con la mecánica cuántica ordinaria, tiene que recurrir a la teoría de partículas elementales.

La teoría cuántica de la gravedad se vuelve importante cuando pensamos en altas energías. Las energías más altas concebibles ocurren básicamente en dos situaciones: en el momento de la creación del universo, en el momento del Big Bang, y a nivel astrofísico en el interior de agujeros negros. En el interior de una estrella como el Sol, todavía estamos hablando a nivel de Física de partículas. Las energías involucradas son del orden de las energías que liberamos en un acelerador. Por encima de las estrellas ordinarias, están las llamadas estrellas de neutrones, mucho más compactas, y por lo tanto estamos hablando de energías más altas. Por encima, más allá de las estrellas de neutrones, tenemos que hablar de los agujeros negros. Los agujeros negros son un laboratorio porque ahí, cerca de su frontera es donde tendrían lugar los fenómenos que asociamos con la teoría cuántica de la gravedad. Esencialmente, un agujero negro es una estrella supercompacta. Las estrellas básica-



mente son una bola de gas. El Sol está compuesto fundamentalmente de hidrógeno y se encuentra bajo la acción simultánea de su propio peso, que actuaría provocando el colapso sobre su propio centro, y de la presión que el gas genera y que lo sostiene. Si vamos agregando masa, el peso de la estrella va aumentando con la masa, hasta que llega un momento en que la presión no alcanza para sostener la estructura de la estrella, y entonces ésta colapsa.

En general al ocurrir esto se forma una matriz, que son formas más densas. Se puede formar por ejemplo un cristal, que tiene más presión. El grado máximo de contracción se alcanza cuando toda la estrella se condensa en una única estructura. Es como si fuera una única partícula del tamaño de una estrella.

Esta es, de las estructuras normales, la que tiene mayor presión posible. Si continuamos agregando masa y ya ni siquiera puede resistir su propio peso, entonces colapsa. En algún momento del colapso, como la luz también pesa, llega un momento en que la luz ya no puede escapar de esta estructura que está colapsando, y es entonces que el interior se vuelve invisible. Sabemos que hay cierta masa, sabemos que esa masa comenzó a colapsar, comenzó a caerse en su propio centro, y en algún momento se vuelve invisible porque la misma luz que emitiría esa estrella queda capturada por ella misma. Entonces hablamos de un agujero negro.

Obviamente lo que pasa en un agujero negro no lo vemos, podemos ver los fenómenos que ocurren en su periferia. Entonces lo que nosotros estamos discutiendo es, cuáles serían los fenómenos que ocurrirían en esta región fronteriza del agujero, que serían rastros de lo que está ocurriendo ahí dentro y que no podemos ver. En cuanto a evidencias acerca de la existencia de agujeros negros existen algunas. Hay evidencia de agujeros negros en el centro de algunas galaxias, en particular se especula que podría haber un agujero negro en el centro de nuestra galaxia.

Si bien no podemos ver un agujero negro, lo que podemos ver es cierta masa que está en órbita alrededor de este agujero negro, así como la Tierra está en órbita alrededor del Sol y está siendo atraída gravitatoriamente por el Sol, pero no cae. Podemos pensar en un gas que esté en órbita alrededor de un agujero

negro y que no necesariamente vaya a ser tragado por ese agujero negro. Entonces, estudiando la velocidad con que orbita, el período, la densidad de materia, se puede obtener información acerca de cuál es el centro de la fuerza y de lo que realmente hay en el centro de la galaxia. De la evidencia parecería ser, que el centro de la galaxia es un agujero negro.

Hay indicios de que en galaxias suficientemente grandes, y la nuestra es relativamente grande, el centro de gravedad sería un agujero negro. No serían tan frecuentes pero habría unos cuantos.

*E - ¿Qué expectativas tiene usted acerca del éxito que esta búsqueda de la teoría de la gravitación cuántica pueda tener?*

EC - En este tipo de teorías el camino es casi más importante que la llegada. La teoría cuántica de la gravitación nos permite llevar las teorías físicas conocidas al límite de lo que pueden dar. Es como un banco de pruebas, tomamos teorías conocidas y las extrapolamos al límite. Esto nos permite clarificar las cosas, nos permite distinguir en una teoría conocida lo que es esencial y lo que es accesorio. Permite además, desarrollar herramientas matemáticas nuevas que eventualmente se pueden llegar a utilizar en otros campos.

Acerca del éxito en sí mismo, bueno, depende del desarrollo de nuevas observaciones en cuanto a las reliquias del Bing Bang, reliquias como la radiación cósmica de fondo que se generaron en el Bing Bang y que ahora podemos ver de frente.

Entonces a través de esos rastros, podemos deducir cuáles eran las condiciones en el universo temprano y después, es posible comparar las predicciones realizadas con las observaciones. Bueno, si hubiera evidencias de agujeros negros, podríamos observar fenómenos como los predichos por Hawking, como la radiación de agujeros negros, y ver si la predicción de Hawking se verifica efectivamente o no. De todas formas, si se verifica, fenómeno, sino se verifica, mejor, porque eso nos abre el camino para desarrollar una teoría más compleja. Ese es nuestro trabajo.

*E - Muchas gracias.*



## Entrevista a Carlo Novelli

Universidad de Pittsburgh

*E - ¿Por qué los físicos se preocupan por la unificación de los campos?*

CR - Porque han sucedido dos cosas al inicio de este siglo, la mecánica cuántica y la relatividad general de Einstein, que son dos teorías muy bellas, muy generales, muy relevantes, pero separadas, que no se comunican, que están en contradicción un poco una con la otra.

La esperanza es encontrar una Teoría General que cumpla todo, no hay ningún motivo práctico para esto, pero es deseable encontrar una única imagen, una única visión. Una visión descriptiva de la naturaleza física, que se espera sea antes de este siglo. En cierto modo hemos aprendido muchas cosas en este siglo, hemos visto el cuadro general de la descripción física del mundo.

Entonces hay un grupo de físicos teóricos que tratan de reconstruirlo, poniendo todas las cosas que se han aprendido, juntas. Es más un deseo intelectual, cultural, no es una aplicación posible.

---

*La esperanza es encontrar una Teoría General que cumpla todo, no hay ningún motivo práctico para esto, pero es deseable encontrar una única imagen, una única visión.*

---

*E - ¿No está también la expectativa de que tal vez ciertos fenómenos podrían llegar a ser explicados con la existencia de esta teoría?*

CR - Los fenómenos que no son posibles de describir con las teorías que tenemos son fenómenos muy lejanos de la posibilidad de ser observados ahora. No hay nada ahora que podamos observar, que no podamos calcular con las teorías que tenemos. Hay fenómenos, en principio, que no sabríamos calcular, pero que están fuera de la capacidad de observación que tenemos. Por esto, el deseo de construir una teoría única, unitaria, no es motivada por los fenómenos que observamos y no entendemos.

*E - ¿Qué lugar ocupa la teoría de la gravedad cuántica dentro de la unificación de los campos?*

CR - Es una componente necesaria, porque el campo gravitacional es uno de los campos de la naturaleza, una de las fuerzas de la naturaleza, aquella de la que entendemos menos cosas, pero al mismo tiempo el campo gravitacional es muy particular.

De la teoría que describe el campo gravitacional se han aprendido cosas muy generales sobre el mundo, es ésta la teoría general de Einstein, la relatividad general de Einstein. El problema de unificar la teoría gravitacional con las otras tiene dos aspectos, describir el campo



gravitacional del mismo modo que se describen los otros campos, pero también entender cómo son los otros campos, de qué manera las otras fuerzas se pueden describir del modo general que hemos aprendido de la teoría general, de cómo debe ser el mundo.

Para esto, la gravitación es un elemento clave. Esta idea ha estado también en Newton al construir la mecánica. La gravitación fue la clave de la mecánica, quizá pueda serlo también ahora.

*La gravitación fue la clave de la mecánica, quizá pueda serlo también ahora.*

*E - ¿Qué papel juegan los agujeros negros en la construcción de la teoría de la gravedad cuántica?*

CR - En una teoría general existen situaciones físicas particulares. Las soluciones particulares que son un poco simbólicas incluyen todos los problemas generales, todas las dificultades, todas las particularidades. Los agujeros negros son objetos muy particulares, son soluciones muy particulares de la teoría de la relatividad. Estudiando este objeto específico es que se aprende sobre la teoría general. Hasta hace treinta años todavía pocos astrónomos, astrofísicos, entendían que los agujeros negros podían ser reales. Ahora, cada seis meses, surgen indicios de que son objetos reales. Estamos entonces, frente al estudio de objetos que ciertamente pueden existir. Es un modelo físico teórico que permite detectar ideas varias, y detectar si las ideas son coherentes entre ellas o no.

*Hasta hace treinta años todavía pocos astrónomos, astrofísicos, entendían que los agujeros negros podían ser reales. Ahora, cada seis meses, surgen indicios de que son objetos reales.*

*E - ¿Qué expectativa tienes, acerca del éxito de la formulación de la gravedad cuántica?*

CR - ¿Tu te refieres a si es posible o no?. No se, en la investigación no se sabe nunca si las cosas son muy cercanas o muy lejanas. Muchas veces en la historia de la Física parecía que se estaba por resolver un problema, y muchísimas otras veces, un problema cuya solución parecía muy lejana, ha sido resuelto en breve tiempo. Pero la gravedad cuántica es un problema que se ha abierto desde 1930 -1940, hace sesenta años que se estudia, grandes problemas han quedado abiertos así. Yo creo que pronto tendrá una solución, yo espero que tenga una solución próxima.

Creo que éste es un problema muy general, muy teórico, que no requiere de experimentos. Tenemos teorías, se trata sólo de pensar. Este problema es estudiado en todas partes del mundo porque no requiere gran financiamiento. El grupo de personas que está aquí, trabaja en este campo, esta conferencia es particularmente internacional. Hay personas de Sudamérica, Europa, India, Japón. Creo que este aspecto de la investigación es uno de los más bellos, son pocos los grupos con estas características.

## Entrevista a Jim Hartle

Universidad de California en Santa Bárbara

*E: ¿Por qué les preocupa a los físicos teóricos la unificación de las teorías?*

JH: Bueno, eso parece ser una evolución natural en la Física; al principio teníamos varias fuerzas, y a medida que profundizamos en la estructura de la materia, fue posible unificar muchas ideas. Entonces, hace tan sólo 20 años había 4 fuerzas fundamentales: las fuerzas fuertes, las fuerzas débiles, las fuerzas electromagnéticas y las fuerzas gravitacionales. Ahora y solamente en ese período, se ha dado la unificación de por lo menos la fuerza débil y la electromagnética, y se espera que se pueda incluir la fuerza fuerte y, ahora con la teoría cuerdas, incluso la fuerza gravitacional. De modo que lo hacemos porque es posible y porque es más hermoso, y tenemos una única visión de todas las fuerzas que gobiernan la estructura de la materia.

*E: ¿Cuál sería el lugar de una teoría de gravedad cuántica dentro del marco de la búsqueda de una teoría unificada?*

JH: Bueno, la gravedad es una de esas fuerzas, de modo que si vamos a tener una teoría que unifique todo, entonces necesitamos una teoría cuántica de la gravedad. Por lo tanto, cualquier teoría unificada contendrá en sí misma una teoría cuántica de la gravedad.

*E: ¿Cuál es el rol de los agujeros negros en la construcción de la gravedad cuántica?*

JH: Los agujeros negros son objetos muy interesantes desde el punto de vista de la gravedad cuántica, porque podrían llevarnos a realizar modificaciones significativas en la mecánica cuántica. Un agujero negro puede evaporarse desde el punto de vista de la mecánica cuántica en una teoría cuántica de la gravedad. ¿Cuál es el

estado final de esta evaporación de este agujero negro, es algo que aún no se sabe. Si se evapora completamente, entonces esto significa que hemos perdido esta información para siempre, como ha sugerido Stephen Hawking.

Si la información vuelve a salir, eso también significa una modificación de las ideas sobre los agujeros negros. Entonces los agujeros negros son como un punto crucial en la teoría cuántica de la gravedad, son un objeto que creemos podemos producir, que tendrá efectos cuánticos gravitacionales interesantes, y si quieren, en la forma en la que podemos ver a la gravedad cuántica si pudiéramos crear un agujero negro y pudiéramos verlo evaporarse.

---

*Un agujero negro puede evaporarse desde el punto de vista de la mecánica cuántica en una teoría cuántica de la gravedad. ¿Cuál es el estado final de esta evaporación de este agujero negro, es algo que aún no se sabe.*

---

*E: ¿Cómo evaluaría usted la evidencia a favor de la existencia de los agujeros negros?*

JH: Hay evidencias importantes a favor de la existencia de los grandes agujeros negros. Los vemos desde, por ejemplo, las órbitas de las fuentes de radiación, ¿no? Se pueden ver fuentes de radiación binarias densas, como pares de estrellas girando unas alrededor de otras. Es como si en un cuarto oscuro se tuviera bailarines girando unos alrededor de otros, y uno usara un vestido blanco y el otro un traje negro, no se puede ver el traje negro, pero se puede ver el vestido blanco moviéndose alrededor del otro bailarín, entonces a



partir de la evidencia de las otras cosas que se mueven alrededor del agujero negro se puede deducir su existencia. Las órbitas significan que la masa del objeto negro es demasiado grande como para ser otra cosa que no sea un agujero negro. Entonces, debe haber unos 5 o 6 candidatos a agujeros negros en varias fuentes de radiación, y todavía hay evidencias de agujeros negros aun en el centro de nuestra propia galaxia, estrellas que se están formando a partir de esto, de modo que la mayoría de los astrofísicos creen firmemente en los agujeros negros en gran medida.

---

*Es como si en un cuarto oscuro se tuvieran bailarines girando unos alrededor de otros, y uno usara un vestido blanco y el otro un traje negro, no se puede ver el traje negro, pero se puede ver el vestido blanco moviéndose alrededor del otro bailarín...*

---

**E:** La última es, ¿cuál diría usted que son los objetivos de la investigación actual sobre la gravedad cuántica y cuáles son sus expectativas de lograrlos?

**JH:** Bueno, en cuanto a los objetivos, quisiéramos una teoría completa y manejable, que pudiéramos aplicar a los problemas tales como origen del universo, a los agujeros negros, para poder hacer cálculos y predicciones. Todavía no contamos con eso de forma manejable. Disculpe, ¿cuál fue la segunda parte de la pregunta?

**E:** OK., ¿cuáles son sus expectativas respecto a cuán cerca estamos de ...?

**JH:** Ah! Está haciendo una pregunta difícil, si supiera eso estaría en algún otro campo, prediciendo el futuro, digamos en la bolsa. Es difícil decir. Pero todos los

físicos son, por naturaleza, optimistas, de otra forma nunca tendrían la fortaleza para obligarse a sacar adelante investigaciones; por lo que soy optimista respecto a que estamos presenciando por lo menos los lineamientos generales de alguna teoría amplia de la gravedad cuántica. Por supuesto puedo estar equivocado, pero eso lo veremos.

**E:** ¿Cómo describiría usted el lugar que ocupa este tipo de investigaciones en la gravedad cuántica dentro del contexto de la Física?

**JH:** ¿Cómo describiría yo las investigaciones en la Física cuántica como parte de ...?

**E:** ...como parte de la Física, en el contexto de la Física, ¿cómo se relaciona a los otros campos de la Física?

**JH:** Bueno, hemos hablado de la unificación de las fuerzas, de modo que la gravedad es ciertamente una fuerza que debe ser unificada con otras. En algunos aspectos es por supuesto solamente una combinación de una búsqueda muy básica de la materia, por lo que es natural que las personas busquen una teoría cuántica de la gravedad, y de alguna forma vemos la evidencia para ella, aunque no entendamos el cuadro, el rompecabezas. Vemos la luz del Big Bang que nos dice que el universo debe haber pasado por una fase en la que la gravedad cuántica fue importante, en las primeras etapas; ¿qué fue lo que hizo?, ¿cómo formulamos...?, ¿nos dice algo de la forma en la que el universo tuvo que empezar?, ¿nos dice algo de cómo tiene que finalizar el universo?, ¿nos dice algo de la evaporación de los agujeros negros, del fin de estos pequeños pedazos de universo?

Estas son preguntas que no van a ser útiles para la tecnología, pero son parte, en gran medida, de la búsqueda de la explicación del universo, que ha tenido lugar desde Babilonia. ¿OK?

## Entrevista a Karel Kuchar

Universidad de Utah

**E: ¿Por qué a los físicos les preocupa la unificación de los campos?**

K: Porque no quieren que las cosas estén separadas; de hecho, cuando hay dos cosas que no se parecen, se trata de buscar un principio unificador. Por eso, ésta es una búsqueda antigua que existió desde tiempos inmemoriales, sobre los distintos campos. Fue realmente muy interesante cuando en el último siglo, las personas descubrieron que la electricidad y el magnetismo no eran fenómenos totalmente diferentes, ya que en aquella época se creía que estaban interconectados, porque si se cambia el campo eléctrico se produce el campo magnético, y si se toma un imán y se lo mueve se genera electricidad. Creo que ésta fue la primera unificación que se ha encontrado de los dos campos. De modo que solamente estamos continuando la tradición que ha existido desde hace más de 100 años.

**E: OK., ¿qué rol le asigna usted a la gravedad cuántica en esta búsqueda de unificación?**

K: De alguna manera el campo gravitacional ha resistido la tendencia de unificarse con los otros campos y de encasillarse en el molde estándar de la teoría del campo cuántico que funcionaba bien para todos los otros campos que existen en el fondo. Ahora, el campo gravitacional es tan diferente de los otros campos, porque no se propaga en ningún fondo preasignado. De hecho, Hermann Weyl, una de las personas que fundó la teoría de la gravitación habló del hogar en el que todos los demás campos habitan y donde el campo gravitacional no encaja cómodamente porque es parte del mundo cambiante. Entonces, esto significa, de alguna manera, enfrentar el desafío de tomar la entidad que se resiste a ser colocada en una estructura preexistente, y cuantificarla.

*... Hermann Weyl, una de las personas que fundó la teoría de la gravitación habló del hogar en el que todos los demás campos habitan y donde el campo gravitacional no encaja cómodamente porque es parte del mundo cambiante.*

**E: ¿Qué rol cree usted que juegan los agujeros negros en la construcción de esta teoría de la gravedad cuántica? ¿Juegan algún rol?**

K: Es una buena pregunta, hay quienes piensan que de alguna manera los agujeros negros son objetos clásicos que pueden introducir efectos interesantes cuando otros campos se propagan en su fondo y que juegan también un rol fundamental en la teoría cuántica de la gravedad. No estoy tan seguro de que así sea. No sé qué es lo que le ocurre a un agujero negro cuando se cuantifica, si sigue siendo un agujero negro o si, después de todo, la cuantificación lo elimina como agujero negro del panorama.

Por lo que creo que a este respecto muchas personas tienden a mentir y a decir que los agujeros negros se producen y se aniquilan por los efectos cuánticos. Pero, yo tendería a decir que lo que clásicamente aparece como un agujero negro no existe como tal en la teoría cuántica.

*Pero, yo tendería a decir que lo que clásicamente aparece como un agujero negro no existe como tal en la teoría cuántica.*

**E: ¿Hay alguna señal de la existencia de agujeros negros?**

K: ¿Usted se refiere a evidencias astrofísicas? Bueno, parece que hay objetos que han observado los astrónomos que son muy buenos candidatos a agujeros negros, existen de diferentes tamaños y son probablemente agu-



jeros negros muy masivos en los centros, en los núcleos de las galaxias. Pero éstos son objetos que están muy lejos de los objetos que quisiéramos cuantificar en la relatividad general, no nos resultan interesantes, son demasiado grandes y los efectos cuánticos de esos agujeros disminuye con el tamaño. Por lo que estamos interesados en agujeros negros muy pequeños, si hablamos de gravedad cuántica.

*E: ¿Cuán cerca cree usted que nos encontramos de alcanzar la teoría de la gravedad cuántica?*

K: Yo no diría que estamos cerca, creo que todavía hay mucho camino por recorrer y probablemente se necesiten ideas bastante diferentes de las que estamos explorando actualmente. De modo que, al contrario de otras personas que consideran que estamos a punto de descubrir algo muy importante sobre la gravedad cuántica, yo creo que estamos probablemente perdidos en la selva y va a pasar mucho tiempo antes de que encontremos la luz a seguir.

*... al contrario de otras personas que consideran que estamos a punto de descubrir algo muy importante sobre la gravedad cuántica, yo creo que estamos probablemente perdidos en la selva y va a pasar mucho tiempo antes de que encontremos la luz a seguir.*

*E: ¿Cómo ubicaría usted estas investigaciones sobre gravedad cuántica en el contexto de la Física? Aquí le estamos hablando esencialmente a profesores de secundaria, ¿cómo les explicaría a ellos cuál es la motivación para investigar la gravedad cuántica?*

K: Primeramente, porque es algo tan fundamental, que no entendemos. Es algo que se aparta de los fenómenos usuales que estudiamos en mecánica cuántica, tanto estructuralmente como conceptualmente y no nos gusta la sensación, pero está tan apartada de los otros campos. Como consecuencia, yo diría que es la búsqueda básica para la visión unificada del mundo. ¿Cómo contestó Jim a esta pregunta?

*E: Más o menos en los mismos términos. ¿Pertenece usted a alguna Asociación de profesores de secundaria? ¿Tiene un programa de financiación en Utah que sea el objetivo de...?*

K: No entiendo la palabra «financiación».

*E: Si en Utah tiene un programa para llegar a los profesores de secundaria.*

K: Sí, de hecho hay una financiación bastante amplia que proporcionó la fundación asignada por el estado a algunas personas en Utah y que se practica tanto en matemática como en Física. Es más, matemática empezó antes, estamos convocando a personas para los cursos de verano, que usualmente duran un par de semanas, que es cuando vienen los profesores de Física y tratan de refrescar su relación con la matemática moderna. Eso tuvo lugar por bastante tiempo, digamos 10 años, ahora los físicos lo están considerando. También hay intentos de introducir métodos modernos de enseñar Física en las clases; no sé cuán efectivos son, pero ciertamente muchas personas los están considerando.

*E: Gracias.*

K: ...por las relaciones públicas que tienen lugar en este tipo de reuniones de físicos. Me siento muy raro en estas situaciones, hablando con profesores de secundaria; es algo diferente. Yo diría que Stephen Hawking debería haber estado aquí, porque a él le encantan esas cosas, le encanta ser una celebridad y comunicar... sí.

*E: Hay muchos jóvenes que se están preguntando si deberían seguir el camino de la ciencia o de la Física y particularmente de la gravedad cuántica. ¿Qué mensaje general les daría?*

K: Yo diría que la única respuesta, es que si le divierte, hágalo, porque si no le divierte, haga algo que le dé más dinero.

*E: Muchas gracias.*

## Entrevista a Lee Smolin

Universidad Estatal de Pennsylvania

*E: Las primeras preguntas son sobre las teorías de campos unificados activos. La primera es ¿por qué a los físicos teóricos les preocupa la unificación?*

S: Bueno, no estoy seguro que no sea un error preocuparse por la unificación, porque creo que hay un conflicto entre la idea que tenemos de que todos estos fenómenos deberían estar unificados y la idea sobre eso es que todo debe reducirse a alguna partícula única fundamental; hay un conflicto ya existente entre esas dos cosas. De modo que yo no estoy para nada seguro que la unificación sea lo correcto.

*E: ¿Qué lugar ocupa la investigación sobre gravedad cuántica en la Física de altas energías?*

S: Creo que estamos en un período de gran transición en la ciencia física, el cual está llevando mucho tiempo, por lo que no creo que esté fuera de tema. Creo que desde el final del último siglo hemos ingresado en un período de gran transición que comenzó con la relatividad, con la mecánica cuántica, con el descubrimiento del universo en expansión. También creo que esto tiene algo que ver con Darwin y la Biología, y hay un gran cambio en nuestra comprensión de la naturaleza, igual a lo que sucedió en el siglo XVI y XVII. La Física de altas energías está intentando entender los problemas referidos a las partículas elementales y a la gravedad cuántica que aún están sin resolver. Tenemos muchas ideas, y éstos son temas que debemos entender si es que vamos a completar esta transición o proceso.

Creo que el problema de la relación entre la mecánica cuántica y el espacio y el tiempo y la cosmología está profundamente relacionados a la pregunta sobre cuáles son las partículas elementales, y qué es lo que determina sus propiedades físicas.

*E: ¿Cuál es el rol de los agujeros negros al construir una teoría de gravedad cuántica?*

S: Depende, depende de quién escribe sobre ellos. Los agujeros negros son un ejemplo muy importante cuando pensamos en la gravedad mecánico-cuántica. Algunas hipótesis creo que son muy importantes para la solución de los problemas en la Física de las partículas y la relatividad. Por otro lado, si esas ideas están equivocadas, entonces los agujeros negros son probablemente sólo algo que nos está divirtiendo. Creo que es importante entender qué está sucediendo en los agujeros negros, porque hay muchos. Cuando las estrellas masivas mueren, forman agujeros negros y eso está sucediendo en el universo observable por lo menos 100 veces por segundo. Y en el centro de estos agujeros negros se dan singularidades donde se quiebran las leyes de la Física, y si creemos en las leyes actuales, todo se vuelve infinito, la materia y toda la fuerza de todas las fuerzas se torna infinita; esto es absurdo, pero esta cosa absurda está sucediendo cientos de veces por segundo, esto señala lo que no entendemos.

---

*Cuando las estrellas masivas mueren, forman agujeros negros y eso está sucediendo en el universo observable por lo menos 100 veces por segundo.*

---

*E: Ya casi respondió la cuarta pregunta que era sobre la evidencia de la existencia de los agujeros negros; tal vez usted quiera agregar algo.*

S: Bueno, hay varias razones por las cuales se cree que existen los agujeros negros. Nosotros creemos que los agujeros negros existen, primero porque sabemos que hay estrellas que son tan masivas que si ya no están quemando el combustible nu-



clear y generando cantidades de fotones que las sostienen, comienzan a colapsar y no hay ninguna otra fuerza que las pueda sostener, entonces colapsan. Creemos que eso debe pasarle a una gran cantidad de, quiero decir a una minoría de estrellas pero aun así a grandes números de estrellas. Esencialmente, cada vez que hay una supernova, que es una vez cada 30 años por galaxia, entre la mitad y un bajo porcentaje de esas supernovas deberían convertirse en agujeros negros, dependiendo de cosas sobre las que no tenemos seguridad, de la astrofísica. Entonces eso implica muchos agujeros negros; tenemos evidencia indirecta de la existencia de algunos pocos. Pero hay fuertes razones para creer que hay muchos de ellos.

*... cada vez que hay una supernova, que es una vez cada 30 años por galaxia, entre la mitad y un bajo porcentaje de esas supernovas deberían convertirse en agujeros negros, dependiendo de cosas sobre las que no tenemos seguridad, de la astrofísica.*

**E:** ¿Cómo describiría las metas de la investigación sobre gravedad cuántica, y cuán cerca estamos de lograrlas?

**S:** El objetivo es entender la relación entre dos teorías fundamentales : la teoría de la relatividad y la teoría cuántica. El objetivo es también entender algo sobre cosmología. La relatividad general es también una teoría de cosmología. De modo que si hay un cambio en lo que entendemos son los principios básicos de la relatividad, eso afectará nuestra visión de la cosmología. Pienso que el objetivo de solucionar la gravedad cuántica está estrechamente relacionado con otros problemas de la Física. No creo que sea una cosa aislada, sino que está estrechamente conectada con las bases de la mecánica cuántica, con la historia de la cosmología, con los problemas de la Física de partículas que no hemos podido solucionar. Esto desafía muchas de nuestras ideas básicas sobre la Física y sobre cómo las teorías físicas debiera funcionar. Personalmente creo

que la solución será muy radical y que acabará por introducir nuevas ideas acerca de la evolución y de la historia en las ciencias físicas. Ya no tendremos esa idea de que hay leyes eternas en la Física que de alguna manera provienen de Dios o de la matemática o algo, y luego hay cosas pequeñas y poco importantes como los planetas y las estrellas y los seres vivientes que tienen historias . Es posible que acabemos viendo que las leyes de la Física tienen historia, que la estructura del espacio y del tiempo tienen historia, y que la forma en la que explicamos las cosas se modificará. Para intentar solucionar la gravedad cuántica, el desafío es en el plano de las ideas filosóficas básicas sobre las que se basa nuestra perspectiva de la naturaleza. ¿Cuán cerca estamos? Oh, Dios! ¿quieren apostar?

*Ya no tendremos esa idea de que hay leyes eternas en la física que de alguna manera provienen de Dios o de la matemática o algo, y luego hay cosas pequeñas y poco importantes como los planetas y las estrellas y los seres vivientes que tienen historias. Para intentar solucionar la gravedad cuántica, el desafío es en el plano de las ideas filosóficas básicas sobre las que se basa nuestra perspectiva de la naturaleza.*

**E:** No todavía.

**S:** ¿Cuán cerca estamos...? Creo que hemos progresado mucho en los últimos 10 años, también pienso que estamos muy lejos, y que tal vez la perspectiva correcta sería recordar que pasaron 140 años de Copérnico a Newton, del libro de Copérnico al libro de Newton y no sería sorprendente si nos llevara por lo menos eso. Por supuesto hay varias docenas más de científicos, ¿quién sabe? No me sorprendería si el año que viene surgiera algún chico fantástico de algún lugar y relacionara las ideas de una forma en la que no hemos pensado hasta ahora, y de pronto todo funcione junto, pero tampoco me sorprendería que esto suceda luego de que ya me haya muerto. No se sabe.



## Entrevista a Gary Horowitz

Universidad de California en Santa Bárbara

**E: ¿Cuál es su principal línea de investigación?**

H: Mi principal interés es en la gravedad cuántica, he trabajado en varios abordajes a la gravedad cuántica, pero mayormente en la teoría de cuerdas.

**E: ¿Cuáles son los avances recientes más importantes en la teoría de cuerdas?**

H: Bueno, han habido varios desarrollos recientes muy importantes en la teoría de cuerdas, ha sido una época muy interesante el último año. Uno de los desarrollos principales ha sido una comprensión de que muchas teorías de cuerdas aparentemente diferentes son realmente diferentes facetas de la misma teoría, hay algo que se conoce como dualidad, que se ha utilizado para mostrar que el fuerte límite de unión de una teoría es el mismo que el débil límite de unión con una teoría diferente, de modo que estas teorías se están relacionando y se están convirtiendo en parte de un todo único. Otra cosa que ha sido muy interesante para mí, en la que he estado trabajando, y de la que he estado hablando en esta conferencia, es una comprensión de la entropía de los agujeros negros. Por primera vez, somos capaces de trasladarnos hacia una consistente y completa teoría de la gravedad, responsable de los estados asociados con los agujeros negros que subyace la fórmula Hawking-Backing para los agujeros negros, y eso se descubrió hace solamente dos o tres meses y ha sido un desarrollo reciente muy interesante.

*Uno de los desarrollos principales ha sido una comprensión de que muchas teorías de cuerdas aparentemente diferentes son realmente diferentes facetas de la misma teoría*

**E: ¿Cuál es el rol que los agujeros negros juegan, como laboratorio, en la Física teórica?**

H: Bueno, acabo de mencionar un ejemplo muy importante. Creo, que los agujeros ne-

gros son una parte muy importante de la relatividad general y una parte importante de comprensión de la gravedad y llevan a estos nuevos conocimientos sobre la teoría de cuerdas y también sobre la gravedad cuántica.

**E: ¿Y cuáles son los mayores desafíos que la teoría de cuerdas tiene aún por solucionar?**

H: Hay varios problemas importantes todavía; uno, en el que estoy particularmente interesado, es el tema de las singularidades tiempo-espaciales. La relatividad general predice que hay regiones de campos gravitacionales infinitos, una curvatura infinita, y esperamos que la teoría cuántica de la gravedad ayude en eso, de alguna manera. La teoría de cuerdas ahora se está acercando a la etapa en la que realmente podemos intentar solucionar la pregunta ¿qué pasa en estas regiones de campos gravitacionales muy fuertes, digamos, dentro de los agujeros negros o en el temprano universo del Big Bang?

**E - Muchas gracias. Tal vez una pregunta final, ¿cuán cerca cree usted que nos encontramos de tener una teoría unificada de la naturaleza?**

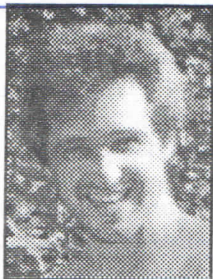
H: Bueno, la teoría de cuerdas es una teoría unificada de todas las partículas conocidas y fuerzas en la naturaleza, entonces la pregunta es realmente ¿cuán lejos estamos de comprender la teoría de cuerdas de forma completa? Eso es difícil de predecir; se sabe lo que se sabe, pero no se sabe cuán lejos se debe llegar. Yo diría que el desarrollo reciente que mencioné anteriormente en términos de dualidad es un paso muy importante en esa dirección de tener una comprensión completa de la teoría de cuerdas, pero aún no hemos llegado, ciertamente hay ciertas partes del rompecabezas, ciertas partes de la teoría que han sido entendidas, pero todavía hay un cuadro general que nos estamos perdiendo y eso es en lo que está trabajando mucha gente.

**E: Bueno, profesor Horowitz, muchas gracias.**

H: De nada.



## Ramón Mendez Galain



*En el año 82, con 21 años se fue a estudiar a Francia Física de Partículas y pasó desde entonces doce años en el exterior. Obtuvo la Maestría y el doctorado en Física en la Universidad de La Plata. Ha dictado clases en cursos regulares de siete Universidades de cuatro países: Francia, Brasil, Argentina y Uruguay, ha dado seminarios en quince países. Tiene más de treinta publicaciones realizadas en revistas científicas y ha escrito en El Observador y en la revista Índice Universitario. Participó en programas radiales en El Espectador, Sarandí y Sarandí Satelital. Actualmente es docente del Instituto de Física de la Facultad de Ingeniería y coordinador del área de Física del PEDECIBA. Aunque está totalmente decidido a quedarse en Montevideo, sigue aceptando invitaciones para ir al exterior.*

*El seis de diciembre partió para el Laboratorio del Acelerador Nacional de Fermi, o Fermilab, al que fue invitado para ir a pasar tres meses.*

*Entrevista: María Luisa Garcimartín*

***¿Cuál fue el entorno familiar en el que creciste? ¿Hubo alguna influencia en tu decisión de ser Físico?***

No, para nada. Mi padre era abogado y mi madre profesora de francés. Yo vivía cerca de donde habían construido la embajada americana, cerca de la Escuela Industrial. Tenía un tío que me llevaba a ver las máquinas, y eso fue lo más cercano a algo técnico que recuerdo. Después entré en la Facultad de Ingeniería y luego me fui a estudiar a Francia.

***¿Por qué Francia?***

Porque había ido al Liceo Francés, entonces me admitieron sin problemas y con muchas facilidades económicas. Me fui pagándome sólo el pasaje y no mucho más. Además en Uruguay, en ese momento, prácticamente no había estudios en Física. Durante la dictadura la carrera quedó prácticamente cerrada porque había sólo dos o tres profesores para hacer toda la Licenciatura, y es una carrera que tiene veinte materias. Grenoble era uno de los mejores lugares del mundo para estudiar Física de Partículas, que es a lo que hoy estoy dedicado. Después de ahí, vino el final de la dictadura y yo quería estar acá. Volví seis meses a Uruguay y me fui a La Plata, que para mí era sólo como un cambio de ciudad, y que en ese momento era el mejor lugar de América Latina para estudiar Física. Ahora ha decaído mucho. Allí hice la Maestría y el Doctorado.

***En el extranjero participaste en grandes proyectos***

Sí. Los europeos querían construir un gran acelerador, que aún hoy está en discusión si se construirá o no, para estudiar el confinamiento de los quarks adentro de los protones y de los neutrones. Yo coordiné uno de los cuatro grupos que había, con distintos temas, para hacer un estudio de factibilidad y ver qué cosas se podían hacer en ese acelerador. Había cerca de 30 investigadores de 10 o 12 países. Ese estudio duró 14 meses y luego se presentó un informe. Después se hizo lo mismo con un grupo más chico, de entre diez y doce personas, sobre un acelerador que ya estaba construido y que se iba a poner a funcionar. Nos pidieron que indicáramos cuáles serían las prioridades, y qué trabajos podrían ser los más interesantes para realizar durante los siguientes tres o cuatro años. Este acelerador ya empezó a funcionar. Hicimos el informe y volví a Uruguay.

***¿Qué aspectos positivos tiene trabajar como Físico en Uruguay?***

No es del lado del trabajo donde vas a encontrar lo más positivo, las posibilidades o el nivel de responsabilidades son mayores en el exterior. Tenés más oportunidades de hacer lo que querés, de llegar a resultados concretos, y es más fácil porque estás dedicado por completo a eso. En cambio acá te preocupa, desde conseguir el presupuesto, hasta conseguir un lápiz; o por ejemplo,



tenés una computadora de 10 mil dólares y no sabés dónde se podrá enchufar porque la llave Tichino de la Facultad no funciona y entonces se corta cada diez minutos. La gran dificultad está sobre todo en la falta de revistas, porque son muy caras. Durante la dictadura no se compraron y recién ahora estamos adquiriendo algunas.

Pero si bien afuera hay un desafío muy grande, aquí también lo hay. El desafío está en que acá está todo por construir. En Uruguay, hasta hace prácticamente diez años, no había ciencia, con la honrosa excepción de algunos muy buenos biólogos. La Física hace diez años aquí no existía. Entonces está todo por resolver: en el CONICYT, que financia toda la ciencia, ver cuáles son las prioridades, ver qué relación hay entre la Ciencia Básica y la Tecnología, cuáles son los puntos en que el país se puede hacer fuerte con posibilidades de competir a nivel regional, cómo negociar dentro del MERCOSUR los posgrados con los Brasileños o con los chilenos, la relación con la Enseñanza Secundaria, e infinidad de cosas más. Tener que resolver todos estos aspectos supone un gran costo, porque siempre todo implica grandes discusiones y lleva tiempo. Los europeos son más expeditivos, lo que no significa que sean menos democráticos.

En cuanto al salario, en el exterior ganaba tres veces más de lo que gano ahora, que soy Profesor Titular grado cinco y que estoy en el techo de mi salario. Creo que en este momento las cosas están yendo para atrás. Se han detenido una cantidad de proyectos. Lo más importante fue el préstamo que le dio el BID al CONICYT, que según el BID, fue uno de los préstamos que mejor se aprovechó en América Latina. El BID acepta una segunda etapa del préstamo, pero el gobierno aún no se decide a aceptarlo.

Hace tres meses vinieron unos evaluadores al PEDECIBA, y vieron que en el año 93 la producción científica había caído a la mitad de lo que había sido en el 92. Eso ocurrió porque en ese momento el PEDECIBA se había quedado sin financiación, entonces todos estuvieron dedicados a

tratar de no perder lo poco que se tenía. Hubo un gran movimiento. Me acuerdo que yo estaba afuera y que hicimos una carta. Uruguay tiene uno de los menores porcentajes de dedicación de PBI a la investigación científica y tecnológica de América Latina, y aun así se han logrado éxitos que asombran a nuestros colegas del exterior. En los países desarrollados se destina entre el 2% y el 3% del PBI, en América Latina está entre el 1% y el 1,5%, mientras que en Uruguay está entre el 0,4% y el 0,5%. Y esto incluso se corta. En Física tenemos un nivel de producción equivalente al de las mejores Universidades del primer mundo, pero si la situación no mejora, se corre el peligro de que se desmembre la comunidad científica, porque nos veremos obligados a irnos. Un Físico, con un doctorado y que ha trabajado en el exterior, aquí gana \$3500.

### *¿Cuáles son tus temas de investigación?*

Tengo unas cuantas líneas. Fundamentalmente mi objetivo es entender cuáles son las interacciones fundamentales de la naturaleza, cuáles son las partículas más pequeñas. Éste es un tema muy amplio y no tiene, en principio, ninguna pretensión de tener una aplicación, aunque en el futuro sin duda las tendrá. El ejemplo típico es recordar a la gente que se dedicaba a este tipo de cosas a fines del siglo pasado cuando estudiaban el átomo. Ellos fueron los que elaboraron la Mecánica Cuántica y la Relatividad, que en definitiva son las bases de toda la tecnología del siglo veinte: los transistores, la informática, la energía nuclear, la posibilidad de haber realizado viajes a la Luna... Y todo eso surgió, del trabajo de esas personas que miraba esos átomos. Mi línea principal de trabajo es el estudio de los quarks, que son las partículas más pequeñas que componen a los protones y a los neutrones, y que no pueden escaparse de ellos. Podemos extraer a los neutrones y los protones del núcleo atómico, pero no podemos hacer algo similar con los quarks. Están confinados. Y no se entiende muy bien cómo ocurre esto, no se entiende cómo es la fuerza que los mantiene allí dentro. Con este objetivo es que se va a construir un acelerador en Francia.



*¿Cómo se trabaja en este campo estando tan lejos de los aceleradores?*

Por el divorcio que existe entre la Física Teórica y la Física Experimental, y porque por medio de Internet es posible que propongamos modelos, y que allá hagan las experiencias para ver si los modelos que proponés están bien o están mal, entonces trabajás con gente de todo el mundo.

Hubo un conjunto de siete experiencias de características similares, que se hicieron en Suiza, Estados Unidos, Alemania y Francia, y nosotros, trabajé en conjunto con dos brasileños, vimos que lo estaban haciendo mal, que los modelos que usaban eran incorrectos y que estaban extrayendo mal los datos de la experiencia. Una experiencia que era del orden de los millones de dólares. Eso tuvo un impacto enorme y llevó seis meses que aceptaran lo que decíamos. Esto ocurrió hace sólo quince días. Fue impresionante llegar a Facultad y ver el mail diciendo que teníamos razón y que iban a publicar nuestro trabajo.

*Estuviste participando en diversos programas radiales durante el año 94, y en el año 95 tenías una columna semanal, en el programa "En Perspectiva", en El Espectador.*

Que los científicos, y en este caso los físicos, se dediquen a la divulgación de la ciencia fuera de los medios estrictamente científicos no es algo habitual.

Es cierto. En Uruguay lo han hecho algunas personas como Juan Grompone y Jorge Grumberg, que son los dos Ingenieros, pero no es usual. Ahora hay otra gente que lo está haciendo. Salir a hablar a la radio para mí es fundamental. Nosotros tenemos una misión muy bonita, que es entender el mundo que nos rodea y ver de qué manera lo podemos transformar. Entonces mi interés es, por un lado, transmitirle a la gente algo que a mí me maravilla, pero por otro lado es una necesidad social. Yo siento que tengo la obligación de transmitir lo que hago y lo que hacen los demás, aquí y en todo el mundo, porque creo que la gente tiene derecho a saber por qué se está invirtiendo dinero en esas cosas, y además porque a la gente le gusta. Le gusta

cuando puede entender. Y a mí me encanta buscar metáforas, me encanta buscar poetas para decir las cosas de la manera más simple y tratar de romper la barrera que hay por el idioma, que nos ha alejado mucho de nuestra sociedad simplemente porque es complicado.

*¿Poder comunicarte te resulta tan atractivo como poder investigar?*

A mí me juzgan por mi trabajo, que aparece en las publicaciones que hago. Pero haber participado en el encuentro de profesores que ustedes hicieron hace poco, haber sentido el cariño con el que me recibieron y las miradas de agradecimiento, eso vale más que mil trabajos que se puedan publicar. Quien sabe, tal vez algún día me transforme simplemente en un comunicador y abandone la investigación...

*Pero es algo muy exigente tener un programa a la semana.*

Sin duda. Es difícil encontrar un tema que a la gente la motive. Por ejemplo, supongamos una persona que viene de haber escuchado en la radio, durante tres horas, un programa de política muy conflictivo, y a las diez de la mañana salís vos a hablar durante media hora. El tema lo tiene que atrapar, porque sino va a apagar la radio. Tiene que tener algún atractivo para el Uruguay, que muestre lo que hacemos los uruguayos, y además hay que contarlo de forma comprensible y divertida. Elegir el tema y preparar la forma en que se va a decir lleva mucho tiempo, destinaba siete u ocho horas para la preparación de cada programa. Algunas personas me decían que era demasiado trabajo para decirlo sólo una vez, que hubiera sido mejor haber publicado los temas en un libro. Y esto podría hacerse.

*¿A qué se dedican los físicos en Uruguay?*

Todos damos clase sin excepción los dos semestres, esto no es así en otros países donde trabajan en un laboratorio y no tienen que dar clase. Todos investigamos con mayor o menor éxito. La opción que hicimos, por ahora, es no elegir tanto qué temas investigar sino trabajar bien, porque todavía tenemos una pequeña masa crítica y no estamos



en condiciones de rechazar a nadie. Si alguien quiere investigar un tema, el tema será interesante porque lo hace bien y porque va a generar un ambiente en el país.

Desde hace unos años estamos tratando, yo soy coordinador del área de Física del PEDECIBA, de impulsar ciertas áreas en la Física experimental, en la Física aplicada, aunque si se presenta un trabajo muy formal y muy teórico no lo vamos a rechazar. Se apunta a la calidad, con gente de buen nivel, con gente que si sabés que entregás un proyecto tenés todas las posibilidades de que salga exitoso. El sólo hecho de que el 100% de los docentes sean investigadores ya lo justifica. En ninguna Universidad del mundo se discute si es importante o no que los docentes sean investigadores, y eso es así porque son los que están generando conocimiento.

Por otro lado tenemos interacciones cada vez más importantes con diferentes ramas del conocimiento. Por ejemplo hay proyectos en que coparticipamos físicos e Ingenieros, volcando directamente los conocimientos hacia la producción concreta de conocimientos tecnológicos. Después hay además intercambios con ustedes, que para nosotros siempre es un déficit. Pero por ejemplo ahora salió este proyecto, para presentar propuestas destinadas a ver cómo introducir los fenómenos de Física Moderna en el segundo ciclo de Enseñanza Secundaria.

Además estamos considerando la posibilidad de hacer una lista de Internet por la cual los docentes de Secundaria puedan asociarse gratuitamente y puedan hacernos preguntas, y que del otro lado de la línea haya un investigador en Física que las conteste. Debo decir que la idea fue de la ORT, que me invitó a mí para estar respondiendo las preguntas. Yo no acepté porque no tenía tiempo, pero nos pareció que eso podíamos hacerlo nosotros también. Y estamos viendo la posibilidad de hacerlo para el año que viene y así poder contribuir con la formación en Física en el país, tanto para los profesores como para los estudiantes. Y no porque vayan a ser físicos, sino porque de esta manera al menos, habrán desarrollado una sen-

sibilidad que evitará que pase lo que está ocurriendo en este momento, en que los políticos no parecen estar preocupados por preservar un ambiente que sea favorable para el desarrollo científico. En el Uruguay hay espacio para cuatro o cinco veces más la cantidad de físicos que hay en este momento, tal vez más. Si lo comparamos con los patrones internacionales de cantidad de físicos por número de habitantes, debería haber diez veces más.

*¿Con posibilidades de trabajar en una buena situación?*

Claro, el asunto es que los salarios son malos en relación a la formación que tuviste y a todo el esfuerzo que eso significó. Por otro lado hay cada vez menos cargos. Sin duda para un buen profesional siempre va a haber lugares, pero la situación tiene que mejorar. Tienen que abrirse lugares en empresas, en entes públicos, en Facultades que aún siguen teniendo cursos de Física que no son dados por gente formada en Física..

*¿Pensaste en algún momento en escribir un libro con temas que pudiera interesar y que pudiera comprender, por ejemplo, un estudiante de secundaria?*

Lo he empezado en varias ocasiones, pero no lo he terminado. Por supuesto no me refiero a libros de texto porque no considero que esté capacitado para hacerlo. Para eso están los Pedagogos, los que estudiaron como ustedes. Ahora hay un libro que va salir, en el que Rodolfo Gambini escribe sobre temas relacionados con los que trato en la conferencia que él también dio en el encuentro de La Paloma, y en el que Roberto Markarian presenta una conferencia sobre el Caos, al que me invitaron para que escribiera algo sobre Física de Partículas. Son muchas las cosas que me gustaría hacer pero no da el tiempo para todo, porque también quiero tener tiempo para salir, para ir a recitales, y para ir a jugar al fútbol. Entonces tenés que poner límites. Este año me dediqué más a la administración y a la política en las ciencias en general. El año que viene espero poder dedicarme a trabajar más en Física.



## Vida y Cosmos

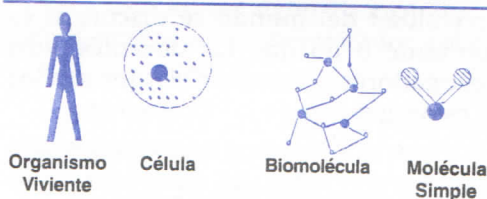
*Conferencia del Dr. Ramón Méndez Galain*

Mi interés es traerles a ustedes algunas reflexiones sobre la organización de la materia a partir del caos inicial después del Big Bang hasta la emergencia de la vida en el universo, incluso hasta nuestros días. Quiero comenzar con Shiba, que es una divinidad de origen hindú, y en la que toda la sabiduría está en la idea de que el equilibrio implica movimiento. Shiba va cambiando de pies; en una de sus cuatro manos tiene una llama, símbolo del fuego inicial en el universo, y por otro lado se distingue un tambor que simboliza la música del estado actual del universo que nos rodea. De alguna manera, como voy a intentar mostrarles en mi charla, esta visión bastante simplificada que tenían los hindúes hace muchísimos años, no difiere mucho de la que tenemos hoy en día después de unos cuantos siglos de investigación científica.

Voy a intentar entonces contar qué sucedió desde hace 15 mil millones de años cuando se produjo el Big Bang hasta la emergencia de la vida en la Tierra por lo menos. La idea fundamental es traer aquí la pregunta acerca de cómo se fue estructurando la materia, de cómo a partir del fuego inicial, como diría Shiba, la materia se fue organizando formando estructuras estelares, cósmicas y cómo en particular en nuestro planeta se ha organizado finalmente la vida.

Voy a recordar en primer lugar algunas ideas generales acerca de cómo es el mundo que nos rodea, de cómo es la estructura de la materia tal como la conocemos hoy en día, y luego voy a dar una mirada sobre cómo es el universo a escala cósmica, y hablar fundamentalmente de la idea de expansión que conduce a la teoría del Big Bang. Pero la gran pregunta es de qué forma a partir de ese caos inicial, de esa falta de información, de ese universo totalmente simple, fueron emergiendo con un grado de complejidad cada vez mayor. ¿En algún lugar está escrita la partitura

para que esto se fuera organizando de esta manera?. La idea entonces es ver cómo ha evolucionado el universo, lo que ha generado un conflicto pues pensar que el universo está en evolución ha sido una idea difícil para el hombre. Comenzaremos con la estructura de la materia, desde los quarks, las partículas más elementales que conocemos hasta el día de hoy, hasta tal vez una de las maravillas del universo, la estructura del ADN.



De alguna manera lo que hemos aprendido es que la materia se comporta como aquellas muñecas rusas en las que al destaparlas se encuentra otra, y lo mismo pasa con la siguiente. El cuerpo humano está formado por unas unidades biológicas que son las células, que a su vez están formadas por unidades identificables en enormes biomoléculas, moléculas a su vez que están formados por átomos que no son indivisibles, sino que están formados por núcleos y electrones orbitando alrededor, los electrones, hasta donde sabemos aparentemente son partículas elementales, pero los núcleos atómicos a su vez están formados por neutrones y protones que a su vez están formados por quarks y hasta donde sabemos, experimentalmente al menos, no hay ninguna evidencia de que los quarks sean a su vez partículas compuestas, aunque en realidad no hay ninguna razón para pensar que la cadena se detenga en algún lugar. La naturaleza está estructurada de alguna manera como el lenguaje. En el lenguaje tenemos unidades que se van haciendo cada vez más complejas, tenemos letras que forman palabras, y estas forman frases y las frases forman



párrafos, y entonces tendremos libros, y luego enciclopedias y volúmenes.... Entonces con las unidades del nivel anterior vamos estructurando unidades del nivel siguiente y algo similar sucede con la naturaleza, con las distintas componentes que tiene la materia.

Pero la analogía con el lenguaje es mucho mayor todavía que simplemente decir bueno asimilamos los quarks con las letras, los nucleones a las palabras y así sucesivamente. Veamos cómo es eso. Tomemos por ejemplo el alfabeto romano que tiene 26 letras. Si tomo cuatro letras cualquiera, cuántas palabras diferentes puedo formar con esas cuatro letras? Bueno tendré 26 formas diferentes de obtener palabras con esas cuatro letras, y por lo tanto tengo alrededor de 400 mil palabras. Si tomáramos seis letras tendríamos 10 palabras diferentes. Realmente haciendo combinaciones diferentes de objetos elementales podemos obtener objetos complejos en una cantidad enorme. Pero lo interesante es que no cualquier combinación de cuatro letras es una palabra aceptada por el idioma sino que sólo algunas combinaciones muy precisas las que determinan palabras que tienen algún significado. Y de alguna manera lo mismo sucede con la naturaleza. No cualquier combinación de quarks da un neutrón, y no cualquier combinación de neutrones y protones da un núcleo, y no cualquier combinación de biomoléculas me da un ser vivo, sino que son combinaciones muy precisas, no solamente es meter juntas una cantidad de cosas elementales sino que también tiene que haber una estructura interna que es lo que le da la complejidad, un grado de información importante. Por ejemplo, el cuerpo humano se compone de una cantidad impresionante de quark de  $3 \times 10^{28}$  pero no cualquier combinación originará un cuerpo humano evidentemente.

Si nos ponemos a recordar cuales son las respuestas que nos dan las ciencias naturales sobre el mundo que nos rodea, y haciendo un poco de historia, nos encontramos que los alquimistas, que durante siglos intentaron encontrar la piedra filosofal, lograron

identificar una enorme cantidad de sustancias naturales. Cuando ya la cantidad de sustancias estaba empezando a divergir, los químicos, en el siglo pasado hicieron un importante avance simplificador. Se dieron cuenta de que toda esa cantidad de sustancias que habían sido identificadas, estaban compuestas por una serie de atributos elementales que llamaron átomos cuyo significado es del griego, indivisible. Entonces eso fue sin duda un avance extraordinariamente simplificador, pues el asunto era simplemente como combinar con un orden determinado esos átomos para poder construir todas las sustancias que se conocían.

Hoy en día se conocen 109 átomos diferentes, clasificados en la Tabla de Mendeleiev, que combinando ese conjunto de átomos podemos obtener todas las sustancias químicas existentes, no sólo en la Tierra, sino también en el resto del universo. Es decir que ese mensaje de la Química es universal. En este siglo, los físicos tomaron la posta y fueron bastante más lejos. Se dieron cuenta que en realidad los átomos no eran indivisibles.

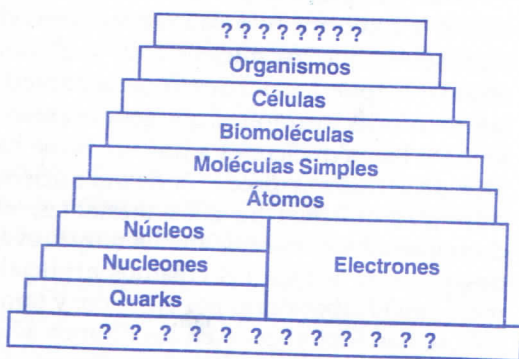
Están compuestos por un núcleo y electrones. Y conforme fuimos avanzando en el siglo se vio que los núcleos a su vez eran objetos compuestos por dos tipos de partículas, neutrones y protones, que genéricamente se les llama nucleones y hoy en día se ha logrado identificar alrededor de mil núcleos diferentes, muchos de ellos inestables, es decir que tienen una vida media muy breve, desaparecen ni bien los creamos artificialmente en el laboratorio por ejemplo, y también se han identificado en los últimos 40 o 50 años una gran cantidad de nucleones, de componentes del núcleo el nombre que se les da es el de hadrones.

Hay unos cientos de hadrones, de partículas subnucleares que eventualmente están presentes en el núcleo o se pueden crear en el laboratorio. Pero hace unos 30 años, en 1968, se descubrió experimentalmente lo que se había predicho teóricamente, que los nucleones tampoco son partículas elementales, sino que todos ellos están formados por



tres quarks, y sabemos que hay seis categorías de quarks llamados up, down, straight, turn, bottom, top, llamados por su primera letra u, d, s, t, b y t.

El ultimo fue descubierto recientemente, en 1995, en un laboratorio americano llamado Fermilab. De alguna manera el modelo estándar de estas partículas elementales preveía su existencia desde hace más de 15 años. El no haberlas descubierto hubiera significado tirar abajo el modelo teórico muy bien estructurado que explica la Física de partículas elementales. Lo que hemos mencionado hasta ahora puede describirse mediante la pirámide de la complejidad. En la figura los signos de interrogación hacen referencia a que no sabemos si los quarks son partículas compuestas, lo único que sabemos por ahora es que son las partículas más elementales que conocemos. Los quarks se combinan para formar nucleones, que se combinan para formar núcleos, que se combinan con los electrones para formar átomos, que se combinan entre sí para formar moléculas.



La pirámide de la complejidad muestra cómo se ha ido estructurado la materia desde lo más pequeño, los quarks hasta la formación de los individuos vivos

Los bioquímicos, desde principios de este siglo, estudiando esas grandes moléculas, las moléculas de la vida las biomoléculas, moléculas gigantes, ponen de manifiesto en el estudio de los seres vivos, tanto plantas como animales, la presencia de esas grandes estructuras, las biomoléculas. Esas biomolé-

culas, por ejemplo ciertas proteínas podrán ser enormes, podrán tener centenas de miles de millones de átomos. Pero de alguna manera, el descubrimiento del código genético, hace unos 60 años, a hecho mucho más evidente aquella analogía de la naturaleza con el lenguaje, porque el código genético dice que tenemos cuatro «palabras», son los nucleótidos: la adenina, la citosina, la timina y la guanina. Con esas cuatro «palabras», moléculas en realidad, es que construimos todo el código genético. Combinándolas de manera diferente podemos construir los genes, y con ellos los cromosomas y por tanto tener toda la información sobre la vida. La analogía entonces con el lenguaje parece acá más marcada, justamente es con estas palabras que escribimos el código genético. A su vez lo mismo podemos decir por un lado del ADN, y sobre las proteínas, las grandes moléculas que sintetizan la vida, que sintetizan el funcionamiento del ADN y el de la célula en general. Las proteínas, son biomoléculas gigantes, que pueden formarse por combinación de 20 «palabras» individuales, que son los llamados ácidos aminados, según la complejidad de la forma estructural que tengan y de ciertas funciones biológicas. Los ácidos aminados a su vez son moléculas biológicas menores y están formados por alrededor de unos 20 átomos aproximadamente.

Entonces con los cuatro nucleótidos los combinamos para formar genes y combinando éstos se forman cromosomas, y con los aminoácidos, combinándolos de una manera conveniente se estructuran las proteínas. Esto no es el paso final de la carrera biológica, pues en el escalón siguiente tenemos a las células, es decir el ADN da la información sobre cómo se duplican las células y por otro lado, las proteínas hacen posible que las células vivan y entre otras cosas sintetizan el trabajo del ADN. La célula es la organización de organelos siguiente en la escala de la estructuración de la materia. El cuerpo humano contiene alrededor de cien billones de células, y un mamífero tiene alrededor de 200 tipos de células diferentes.



En esta estructuración de la materia desde los más pequeños quarks, hasta la formación de los individuos vivos, aparece por primera vez algo que para los biólogos es fundamental, la noción de interior. No tiene sentido hablar de interior de un átomo, o del interior de un núcleo, o de una molécula, pero sí tiene sentido, y es muy importante hablar del interior de una célula. y de alguna manera finalmente con tres grandes signos de interrogación, el paso siguiente es la organización de las células en organismos pluricelulares, lo que constituye un organismo pluricelular.

Acaso los quarks son el paso elemental de la materia como acaso los seres vivos son el paso final de la estructuración de la materia? Seguramente que no, y de alguna manera tenemos ejemplos de cómo la estructuración de los seres humanos en sociedades, permite que los individuos trabajando en conjuntos puedan hacer cosas que de otro modo no podrían hacer. Esto es de alguna forma una muestra de cómo a un organismo viviente le conviene federarse para obtener ciertos logros que en caso contrario no podría alcanzar.

Por dar otros ejemplos podemos pensar en la federación de hormigas o de abejas. Entonces es bastante plausible pensar que en realidad la pirámide que vamos construyendo a la que le han agregado tres nuevos escalones, las biomoléculas, las células y los organismos vivos, tengamos que terminarla también con signos de interrogación, pues no sabemos si la evolución del universo demuestre la existencia de otros tipos de organización de la materia que seguramente nosotros no llegaremos a ver.

En la pirámide de la complejidad se obtienen al avanzar en ella sistemas cada vez más complejos. Lo que es interesante es que todos los elementos que están presentes en los diferentes escalones se mantienen unidos por diferentes fuerzas de la naturaleza. Los niveles inferiores están unidos por la fuerza nuclear fuerte, los quarks que se unen para formar nucleones y éstos para formar el núcleo; mientras que en toda la estructura

superior de la pirámide, las estructuras se encuentran unidas por las fuerzas electro-magnéticas. Es la fuerza electromagnética la que mantiene unidos al núcleo y al electrón, es también la que hace que los átomos se estructuren en moléculas y la responsable de toda la Biología, la que dice conviene más a las diferentes moléculas estructurarse en células, y a las células en organismos vivientes. Un comentario importante aquí es que hay un gran salto entre las fuerzas nucleares y las electromagnéticas, estas últimas son mucho más débiles. Está manifestado por la energía de ligadura de un sistema, que es la energía que le debo suministrar a un sistema compuesto para que se separe, para que deje de ser un sistema. Por ejemplo si tengo el átomo de hidrógeno tengo que darle 13 eV al electrón para que el electrón abandone al núcleo atómico y para disociar el átomo en un núcleo por un lado y el electrón por otro.

Ésa es la energía de ligadura. Resulta que a medida que vamos subiendo en la pirámide, las estructuras van teniendo una energía de ligadura cada vez menor, es decir cada vez es más fácil romper una estructura a medida que vamos subiendo en la pirámide. Con una energía del orden de una decena de electronvolt se puede romper un átomo, pero preciso varios millones de electronvolt para romper un núcleo, hay un salto de cinco a seis órdenes de magnitud para pasar de las energías de ligadura de los átomos y de las moléculas a las de los sistemas nucleares. El hecho de que los escalones superiores sean estructuras más frágiles, más vulnerables, es el secreto de toda la diversidad que tenemos en la vida y es el origen de la emergencia misma de la vida.

Pero complejidad está asociada con dos palabras: diversidad, y poco común. A medida que vamos subiendo en la pirámide hacia estructuras cada vez más complejas la diversidad es mayor. Al comienzo tenemos sólo seis tipos de quarks diferentes, y éstos se estructuran en nucleones de los que hay unos cientos que se han descubierto, y núcleos hay alrededor de mil que se han iden-

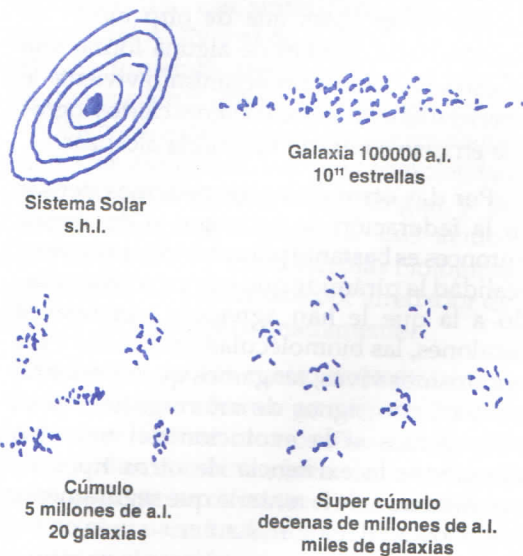


tificado. Ni que hablar de lo que sucede cuando vamos a los escalones superiores de la pirámide hasta lograr por ejemplo que los catálogos de algunas empresas farmacéuticas la cantidad de moléculas que ofrecen, de productos y sustancias que ofrecen a veces son varios volúmenes en letra chiquita. La cantidad de estructuras que hay en los escalones superiores va creciendo enormemente, más aún cuando pasamos a los organismos vivos, hasta lograr por ejemplo que solamente de hongos existen cien mil especies diferentes, y hay seis o siete mil millones de seres humanos y somos todos diferentes. La idea que estoy tratando de mostrarles es entonces que a medida que vamos subiendo en complejidad, que vamos subiendo en la pirámide, la diversidad de individuos sentados en cada escalón es cada vez mayor.

Pero hay otra idea también, es más común que la materia se quede en los escalones de abajo. Con los quarks pasa una cosa particular, no existen quarks libres en la naturaleza, están confinados por una razón que discutiré más adelante y que es específicamente mi tema de investigación. Están los nucleones, el 80 % de los nucleones del universo están libres, no están formando núcleos. Es decir que solamente un 20% de los nucleones del universo pasaron a los niveles superiores, estructurándose en núcleos, que a su vez, si vamos subiendo en los escalones son muchos más los objetos atómicos que los objetos formados por moléculas simples, y mucho mayor la cantidad de materia que simplemente forma moléculas simples que la que llega a convertirse en vida.

Entonces, a medida que vamos subiendo en la pirámide es cada vez más escasa la cantidad de materia que consigue acceder a los estados superiores, por eso la figura tiene forma piramidal, en el sentido de que en la parte superior hay menos individuos que en la inferior. Menos individuos en total, porque si bien hay poca materia en los niveles superiores, la que llega tiene una gran diversidad de individuos en ese nivel.

En un diagrama energía-tiempo puede verse que las energías de ligadura aumentan a medida que voy bajando en la pirámide, es decir que las estructura de arriba son más frágiles y las de abajo son más fuertes. Y la flecha del tiempo significa que históricamente, luego del Big Bang tenemos una sopa de quarks que luego se va estructurando. Pero para poder seguir adelante contando cómo se ha organizado la materia voy a dar un paso al costado, irme de la Tierra y ver cómo es el universo que nos rodea. Aquí ya tenemos que pasar a otra escala, la escala del universo de grandes dimensiones, y las unidades con las que vamos a medir las distancias que estamos considerando es el año luz. El año luz es la distancia que recorre la luz en un año, y como la luz viaja a 300.000 km/s en un año la luz recorre del orden de nueve millones de kilómetros.



La Luna por ejemplo, está apenas a un segundo luz, el Sol está a ocho minutos y medio luz y la distancia mayor en el sistema solar, la distancia entre el Sol y Plutón, es de cinco horas luz. Podemos reconocer en el universo estructuras mayores, no simplemente el sistema planetario alrededor del Sol, sino por ejemplo la vía láctea, precisa-



mente vía láctea pues galaxia viene de galactos que significa leche en griego, y las galaxias son un conjunto de estrellas. Por ejemplo nuestra galaxia tiene cien mil millones de estrellas  $10^{11}$  estrellas, y un tamaño del orden de los cien mil años luz. Estamos notando el cambio de escala brutal del que estamos hablando pues estamos hablando de 5 horas luz y la estrella más cercana a nosotros está alrededor de 4 años luz y el tamaño de nuestra galaxia es del orden de 100.000 años luz. Pero a su vez reconocemos que en el universo existen estructuras mayores llamada cúmulos. Estos son agrupamientos de diez, veinte o treinta galaxias que tienen el tamaño de algunos millones de años luz. Nosotros estamos en el cúmulo de Virgo, el cúmulo de la virgen. Pero a su vez los cúmulos se estructuran en supercúmulos, se unen de alguna manera y gravitan juntos. Nosotros estamos en el cúmulo local y el supercúmulo local también se llama supercúmulo de la virgen y tiene un tamaño del orden de las decenas a unas pocas decenas de miles de años luz. Pero, hasta donde va a seguir esta estructura del universo en aumento?. Hasta donde sabemos ahora, no de este tipo. Hay algunas evidencias de que algunas paredes de supercúmulos, se les llama la gran muralla, pero no hay mayores evidencias de estructuras de este tipo que se van formando.

Podríamos preguntarnos si el universo tiene algún límite o si es infinito. La pregunta, que tal vez desde el punto de vista científico es una pregunta que no corresponde, ya los griegos se la planteaban, discutían entre ellos, en sus foros y cuando alguien decía si el universo tiene un límite.. los que estaban en contra decían bueno, perfecto, tiene un límite, entonces supongamos que llego hasta el límite del universo, podemos imaginar que hay una pared y desde allí tiro una flecha hacia afuera, adonde va a parar esa flecha? Tal vez la pregunta de si tiene un límite en sí no tiene sentido, creo que puede tener sentido saber la extensión del universo, hasta donde llega o si acaso es infinito.

Y de alguna manera lo que dice la Física es que no podemos saberlo porque existe un horizonte natural más allá del cual no podemos acceder. Y este problema no es porque no tengamos telescopios suficientemente potentes, sino por la luz, la información viaja como máximo a la velocidad de la luz, y por lo tanto no podemos acceder a nada que esté más allá de la distancia que la luz puede recorrer. Así es que la pregunta de si el universo tiene un límite se transforma de alguna manera en cuál es la edad del universo. Mas adelante veremos que la edad del universo es del orden de 15.000 millones de años, así que como máximo dos puntos pueden haberse alejado hasta 15.000 millones de años luz, y este es el límite más allá del cual no podemos ver.

Ahora quiero detenerme sobre otra información, absolutamente fundamental, y es que en realidad el universo no está quieto, sino que está en expansión y esto no es un dato nuevo. Las estrellas están alejándose entre sí. Para tener una idea de cómo puede funcionar esto podemos pensar en un pan dulce lleno de pasas en el horno, entonces a medida que empieza a leudar, que empieza a crecer, las pasas de uva se van alejando unas de otras, si estoy parado arriba de cualquier pasa de uva todas las otras pasas de uva se van alejando de mí. Algo similar ocurre con el universo. Yo estoy situado en la Tierra y veo que todas las estrellas se están alejando de mí. Eso se determina con una técnica, que de alguna manera fue el origen de todas estas teorías modernas cosmológicas, y fue Hubble, astrónomo, que por primera vez, en la década del veinte, midió las velocidades a las que las estrellas se movían y encontró que todas se alejaban de nosotros, lo de todas es con pequeños bemoles pues a veces por movimientos relativos adentro de galaxias puede que algunos estén causalmente, en un momento, acercándose a nosotros, pero globalmente hay un movimiento en el que todas las galaxias se están alejando de nosotros.

Entonces la pregunta obvia es primero si el universo está en expansión y por lo tanto, si estuvo alguna vez toda la materia concen-



trada en un punto. Del movimiento de las galaxias podemos observar que hace 15 mil millones de años todo el universo estaba concentrado en un único punto, y eso es lo que se llama el Big Bang. En ese momento toda la materia del universo estaba concentrada en un punto, y hubo un "instante inicial" en el que ocurrió el Big Bang, es decir una gran explosión que dio lugar a la expansión observada hasta nuestros días. Instante inicial debe ir entre comillas pues no sabemos qué había ni qué ocurrió antes de los últimos 15 mil millones de años que conocemos o de los que tenemos noticia. Y si no podemos hacernos la pregunta que se hacían los griegos "Sí, hay un instante inicial; ¿y antes qué había?".

Cuando se habla del Big Bang se puede pensar que el Big Bang es simplemente el hecho de que hubo una gran explosión, y en realidad eso no es así. El Big Bang es un modelo que si bien fue resistido y durante un tiempo convivió con algunas otras hipótesis alternativas, hoy en día es la única hipótesis aceptada por la comunidad. Otros modelos como el universo estacionario por ejemplo han hecho predicciones completamente erradas y contradictorias con la realidad. De modo que el modelo del Big Bang no sólo es el único que ha sobrevivido sino que se afianza cada vez más pues existen pruebas muy fuertes de su credibilidad. Algunas de estas pruebas por ejemplo es el hecho de que cuando medimos la edad del universo por diferentes métodos tenemos más o menos el mismo el número.

Uno de esos métodos es éste de la velocidad a la que se está expandiendo el universo que me lleva a pensar que hace 15 mil millones de años todo estaba comprimido en un punto. Otra de las formas es medir la edad de las galaxias más antiguas que es del orden de 100 mil millones de años. Otra forma es determinando la edad de los átomos más antiguos del universo y que es también del orden de 15 mil millones de años. Es decir que varios métodos coinciden con un origen más o menos en ese momento. Pero hay otras dos pruebas que son realmente impresionantes. El modelo del Big

Bang predice la abundancia relativa de hidrógeno y de helio en todo el universo, y también predice la llamada radiación de fondo del universo, que es una radiación electromagnética y que constituye uno de los espaldarazos más impresionantes. Luego por ejemplo el hecho de que la noche sea negra es también coherente con la teoría del Big Bang simplemente porque si el universo fuera estacionario, fuera una cosa cerrada, las estrellas hace miles de millones de años que están emitiendo fotones, luz, y entonces llegaría un momento en que el cielo tendría que ser blanco, al igual que lo que ocurriría con una bañera que se fuera llenando de agua hasta acabar desbordándose.

El hecho de que hasta ahora ninguna de las predicciones del modelo del Big Bang sean contradictorias con la realidad no significa que este modelo responda a todas las interrogantes. Existen algunas cosas que por ahora no las puede explicar cómo el hecho de que no se detecte antimateria en el universo, que no sólo es predicha por los modelos sino que se observa en los laboratorios. Por otro lado, por la forma en que rotan las galaxias, o por una etapa de formación posterior al Big Bang, predicen que aparentemente debería haber más materia en el universo de la que ha sido determinada al contar la cantidad de estrellas. Existe por lo tanto una llamada «materia oscura» que no ha sido hallada.

Es un tema de activísima investigación durante los últimos quince años. Otros puntos que también están abiertos se refieren a qué pasó en los instantes iniciales del universo?, en los primeros 10 segundos, o a qué había antes del Big Bang, o a qué va a suceder con el universo en el futuro. El modelo del Big Bang da una respuesta muy clara a esta última pregunta. Pueden suceder tres cosas, que se siga expandiendo infinitamente o se expande con velocidad constante, o bien se expande hasta un cierto momento y luego impoluta. Para saber cuál de las tres posibilidades es la correcta tendríamos que conocer con precisión cuál es la densidad del universo. Sólo sabemos que estamos alrede-



dor de lo que se llama densidad crítica, justo la que marca un límite entre una u otra posibilidad. No sabemos entonces cómo van a morir nuestros descendientes, si de frío o de calor. Entonces de alguna manera tenemos las herramientas, una vez que sabemos cómo está organizada la materia que nos rodea y cómo está evolucionando el universo a partir del Big Bang inicial, para contar la historia del Universo, la forma en que se fue estructurando la materia desde el Big Bang hasta ahora. Como contar 15 mil millones de años en veinte minutos? Un genial científico ruso, George Gamow, hace unos cuarenta o cincuenta años, convencido de la expansión del universo, con los datos de Hubble de la década del veinte, intento remontar en el tiempo hacia atrás. Y lo hizo usando todas las leyes de la Física, pues realmente todas las ramas de la Física están incluidas, Física de Partículas, Física Nuclear, Física del Estado Sólido, Mecánica Estadística, Teoría del Caos... Gamow pensó, bueno si las galaxias se están alejando, eso quiere decir que en el pasado estaban más cercanas y que el universo era más denso, y si era así entonces estaba más caliente. Para ver qué pasa en un universo más denso y más caliente vamos a hacer un experimento mental, como decía Einstein.

Si comienzo a calentar una barra de hierro primero se va a fundir y luego se va a evaporar a unos miles de grados. Si luego seguimos aumentando la temperatura las moléculas de hierro se van a ir disociando en átomos individuales. Si continuamos aumentando la temperatura esos átomos comenzarán a chocarse a unas velocidades impresionantes, van a ir arrancándose primero las últimas capas electrónicas y luego simplemente van a desaparecer los átomos como tales y vamos a tener electrones por un lado y núcleos por el otro. Y si aún seguimos aumentando la temperatura, los mismos núcleos se irán rompiendo y tendremos nucleones separados, y si llegamos a temperaturas del orden del billón de grados,  $10^{12}$  grados, vamos a romper también la estructura de los nucleones y vamos a tener simplemente quarks libres. Entonces a medi-

da que se va aumentando la temperatura vamos barriendo los escalones de la pirámide de la complejidad, eliminando esa enorme diversidad hasta reducir todo a las estructuras más elementales que se puedan encontrar.

Esto lleva a pensar que en el pasado las altas temperaturas impedían que se formaran estructuras más complejas, y a medida que el universo se fue expandiendo y se fue enfriando se fueron formando las nuevas estructuras, tal como si al retirarse la marea fueran descubriéndose los diferentes escalones. Entonces ahora sí podemos comenzar con esta descripción histórica. No es por empezar con una frase hecha pero al principio todo era caos. Realmente teníamos una sopa formada por quarks, por electrones y por fotones, que son los granos de las ondas electromagnéticas. También había una partícula, los neutrinos, que por ahora no van a jugar un papel muy importante. La figura muestra dos ejes, el del tiempo cósmico y el del termómetro cósmico a partir del Big Bang.

Esta primera parte de la historia del universo, 10 segundos, sucede al mismo tiempo en todo el universo. Esta es la única etapa universal que se da en el universo, después empiezan las evoluciones aisladas. Entonces inmediatamente después del Big Bang teníamos, hasta donde sabemos, ese tipo de partículas y lo primero realmente importante sucede al cabo de 1 s, cuando la temperatura es suficientemente baja como para que los quarks puedan unirse para formar neutrones y protones. Ocurre entonces una transición de fase. Mas o menos 1 segundo después, cuando la temperatura había bajado ya unos mil millones de grados, se produce otro hito fundamental en la historia del universo. Las temperaturas ya son lo suficientemente bajas como para que neutrones y protones puedan comenzar a unirse para formar núcleos atómicos. Y los núcleos atómicos que se forman son el helio y el deuterio, el deuterio es un neutrón y un protón. Y aquí pasan dos cosas muy interesantes. En primer lugar el modelo del Big Bang hace aquí la primer predicción fantástica. Combinando una gran



cantidad de leyes de la Física uno puede predecir exactamente, a partir de lo que sucedió en este momento, cuanta cantidad de hidrógeno, hidrógeno pesado y de helio se formó en el universo en ese momento. Lo que se llama la nucleosíntesis primordial, primordial porque hay un principio y nucleosíntesis porque se sintetizan los núcleos. Si nos ponemos a mirar con nuestras herramientas el universo vemos que apuntamos para donde apuntamos, en promedio, el universo tiene exactamente esa fracción relativa de hidrógeno, hidrógeno pesado y de helio. Eso realmente fue un espaldarazo muy importante para la teoría.

Durante el primer segundo en el universo, surgió la primera crisis. La crisis consistió en que yo puedo unir neutrones y protones, pues es energéticamente más estable y formar núcleos de deuterio o de helio, pero el helio no coopera, pues si intento juntar dos núcleos de helio o unir un núcleo de helio con un protón o un neutrón no forman estructuras estables. No se siguen formando los otros núcleos atómicos, los que van a dar lugar, por ejemplo, a los carbonos de la vida, eventualmente. Es decir que, de alguna manera, tengo un universo estéril. En ese primer segundo lo único que se pudo formar por la gran estabilidad del helio, que es un gas noble, con un núcleo muy cerrado al que le faltan «ganchitos» para poder asociarse con otros núcleos de helio o con otros nucleones, o para poder formar los núcleos más pesados. Entonces el universo se sigue expandiendo, los núcleos están cada vez más alejados entre sí, y la chance de poder formar los núcleos más pesados, el carbono por ejemplo, es cada vez menor. Entonces estamos en un universo cada vez más frío, cada vez más estéril, en el que aparentemente no hay posibilidades de seguir formando estructuras más complejas.

Unos trescientos mil años después, aproximadamente, o cuatrocientos mil años después, se produce un tercer hecho histórico en el universo, y es que la temperatura es lo suficientemente baja como para que los

electrones queden atrapados por los núcleos atómicos y entonces se forman los primeros átomos. Obviamente se van a formar exclusivamente átomos de hidrógeno y de helio, ya que eran los únicos núcleos que tenían.

La importancia de este punto no es menor, porque hasta ese momento yo tenía núcleos cargados positivamente y electrones cargados negativamente paseándose en esa sopa del universo primitivo. Y los fotones por quien son emitidos o absorbidos? Por las partículas cargadas. Entonces como estaba lleno el universo de partículas cargadas constantemente se estaban emitiendo y absorbiendo fotones, y los fotones que existían por ahí iban de un electrón a un protón, de un protón a otro protón, etc.. Es decir que realmente el camino libre medio de un fotón era muy pequeño. Pero cuando en ese momento se producen los átomos, todos los electrones quedan atrapados por los núcleos, y ya no hay más partículas cargadas, pues los átomos son neutros eléctricamente. Entonces los fotones que estaban vagando por el universo ya no encuentran nada que los detenga, porque como los átomos son eléctricamente neutros no pueden captar o emitir fotones de manera natural. Entonces los fotones que en ese momento andaban libres quedan vagando por el universo, y ése es el origen de la llamada radiación de fondo.

Es decir que hay una enorme población de fotones vagando por el universo producidos en ese preciso momento. Y el modelo del Big Bang predice qué longitud de onda y qué distribución de energía deben tener esos fotones, y es exactamente la que medimos hoy en día desde hace más de treinta años. La radiación de fondo fue descubierta por dos astrónomos americanos en la década del sesenta. Si miramos hacia el universo con un radio telescopio, o sea que detecto fotones, fotones que no están dentro del rango de las ondas electromagnéticas visibles, observamos que desde cualquier parte del universo me llegan estos fotones. Y ésta fue, sin ninguna duda, el espaldarazo mayor a la teoría del Big Bang.



Esto había sido predicho por Gamow hace cincuenta años, pero no fue tomado muy en serio porque parecía demasiado espectacular, y fue observada por casualidad. Sigamos con nuestra historia del universo. Como se siguió estructurando la materia? Bueno aquí la naturaleza inventó lo que llamamos estrella. Aquí empezó a funcionar una tercer fuerza de la que no hemos hablado que es la fuerza gravitatoria. Se estaban alejando entre sí los diferentes átomos de hidrógeno y de helio recién formados, pero empezaron a haber atracciones gravitatorias entre ellos que comenzaron a acercarlos de forma que se fueron concentrando primero en granos y luego en estrellas. No sabemos si lo primero que se produjo fueron los supercúmulos, luego los cúmulos y luego las estrellas o si fue al revés. Esto es un tema abierto en la astrofísica, pero lo que sí sabemos es cuales son los mecanismos por los que se formó una estrella.

Por la atracción gravitatoria la materia se va juntando nuevamente, la densidad aumenta y por lo tanto la temperatura aumenta, y en cierta forma en las estrellas se da el proceso inverso de lo que se dio en el Big Bang. Vuelve a acercarse la materia pero ahora ya no en todo el universo sino en ciertos bolsones bien determinados en las estrellas. Entonces las estrellas son una especie de hornos, de pequeños Bigs Bangs en miniatura pero al revés, donde se puede juntar otra vez la materia. Es en ellas donde se van a producir los átomos más pesados. Las estrellas son entonces la segunda chance que tiene el universo para alcanzar la complejidad, y esta segunda chance la naturaleza no se la pierde. Es en ellas que se producen todos los elementos químicos a partir del hidrógeno y del helio, incluso el hierro que es el más denso de todos los núcleos atómicos se produce en el núcleo, y los otros se producen en las capas exteriores de la estrella.

Lo primero que ocurre es lo que se llama el ciclo del helio que es la fusión de hidrógeno que se produce cuando la temperatura en la estrella es del orden de los diez mil millo-

nes de grados, se juntan cuatro protones, cuatro núcleos de hidrógeno y da lugar a un núcleo de helio. Esa reacción es muy exógena, libera una enorme cantidad de energía, es la fusión que es lo que están intentando reproducir en los laboratorios con la idea de tener esa fuente de producción energética que seguramente será la fuente de energía de los hijos de nuestros hijos. Esto es como intentar reproducir en cierto modo un Sol en la Tierra. El 90% de las estrellas incluido nuestro Sol está fundamentalmente en esta etapa, está quemando hidrógeno para producir helio. Es la mayor parte en la vida de una estrella. Y lo más maravilloso es que finalmente se produce el nacimiento milagroso del carbono. En el corazón de la estrella, donde las temperaturas son del orden de los millones de grados, se produce la unión de tres núcleos de helio, que nuevamente genera una reacción exógena que da origen al carbono.

El carbono en muy poco tiempo va a generar una gran cantidad de reacciones nucleares, más o menos complicadas, y darán nacimiento en unos pocos miles de años al resto de los elementos que conocemos. A medida que sigue pasando el tiempo sigue aumentando la energía porque son reacciones cada vez más exógenas las que se están produciendo. Y si la temperatura sigue aumentando entonces empezarían a disolverse las estructuras que tan trabajosamente fue creando la estrellas durante millones de años.

Entonces ahí la naturaleza tiene la inteligencia suficiente como para hacer explotar a la estrella. Llega un momento determinado por mecanismos bastante complejos, en los cuales entran los neutrinos, en que la estrella estalla y esparce por el universo esos cien elementos nuevos que creó. Esto es lo que se llama la explosión de las supernovas, que es un tipo de estrellas. No todas las estrellas estallan de esta manera aunque todas terminan de una u otra manera en mecanismos similares. La primer supernova que conoció el hombre fue en el año 1054, y fue vista por los chinos. Una supernova, en el momento que estalla, brilla varios millones de veces



más de lo que brillaba cuando era estrella, y los chinos vieron que apareció una estrella en el cielo que antes no la llegaban a ver. Si miramos a la constelación del Cangrejo, todavía podemos ver, cómo se van esparciendo por el cielo los restos de aquella primer supernova. También en el año 1987 se vio la explosión de la SN87A, que realmente confirmó muchas de las teorías que se habían elaborado sobre las supernovas. Ahora la estrella generó los núcleos pesados y los esparció de forma que ahora sí pueden seguir en la carrera evolutiva hacia los escalones superiores de la complejidad. Comienza entonces la etapa espacial en la que, de las cenizas de la estrella, o en realidad de los frutos de la estrella surge toda la Química. El espacio interestelar está lleno de moléculas bastante complejas con algunas decenas de átomos.

Surgen también en el espacio los primeros cristales, estructuras ordenadas de átomos. Surgen moléculas tales como el agua, por algo es el hidrocarburo más simple, tienen todos en común el puente de hidrógeno que es lo que hace que el agua tenga un punto de fusión suficientemente alto y por lo tanto que sea la base de toda la vida en la Tierra. Surgen también granos de materia llamados polvo interestelar que son estructuras bastante grandes pues tienen tanta cantidad de partículas elementales como la célula. Pero el polvo interestelar, en la escala de la complejidad, está muy por debajo de la célula, porque tiene mucho menos información que la célula.

Pero esta etapa si bien es importante no es suficiente porque el espacio interestelar es muy hostil, las moléculas están muy separadas y hay sobre todo algunos peligros muy grandes como la luz ultravioleta y los rayos cósmicos. Entonces para poder seguir avanzando en la organización, la naturaleza inventó los planetas que son un lugar muy propicio para ello. Porque en los planetas el ambiente no es tan frío como en el espacio, pues si es muy frío las moléculas se ignoran y no pueden juntarse, y tampoco es muy caliente porque sino las estructuras se disolverían como veíamos en el ejemplo del hie-

ro. Además se precisa un lugar denso donde sea mayor la probabilidad de contacto entre las diferentes moléculas que existen, y también se precisa una especie de escudo que nos proteja de esos rayos ultravioletas y cósmicos que existen en el espacio exterior.

Pero cómo continúa el proceso? Hace cuarenta años se preguntaron, bueno si los ladrillos fundamentales son los aminoácidos, cómo se formaron los aminoácidos? Un químico americano, Stanley Miller en el año 1953, tuvo una idea. Colocó en un recipiente gases que podrían corresponder a la atmósfera primitiva de la Tierra, colocó agua, que podría corresponder a los océanos, y cargas eléctricas que corresponderían a las grandes tormentas eléctricas de aquella época. Y al cabo de muchas semanas que dejó eso trabajando, entre otras muchas cosas descubrió que había aminoácidos.

Fue muy espectacular en la década del cincuenta cuando se pudieron sintetizar aminoácidos y se pensó ahí que ya estaba resuelto todo el problema. Pero luego se encontraron que algún tipo de meteorito que vienen del espacio, también tienen aminoácidos. Y entonces pensaron que la causa era que en realidad se habían contaminado con los aminoácidos que estaban en la atmósfera, pero después se vio que no porque los aminoácidos que están en la Tierra tienen todos una espiralidad definida, son todos mano derecha, mientras que los que vienen de los meteoritos son mano izquierda. Este es un problema que está abierto y hoy en día cree que en realidad los aminoácidos se pueden haber creado fundamentalmente en la superficie de ciertos minerales.

Pero de todas formas el universo no es el final del problema sino que es apenas el principio porque la vida no es simplemente aminoácidos. Lo fundamental de la vida es la capacidad de autorreproducción. Y para ello se necesita primero que me diga cómo tiene que producirse la reproducción, que es el ADN que me dará la información, y por otro lado precisamos las proteínas que me

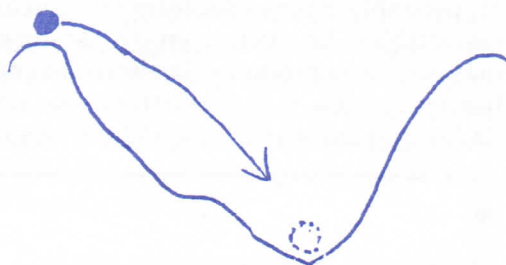


sintetizan el ADN para hacer que ese proceso tenga lugar. Entonces ahí tenemos la historia del huevo y la gallina, cuál se invento primero, porque sin el ADN no podemos tener la información para ver cómo se reproducen las proteínas y sin las proteínas que sintetizan el ADN no se puede producir el ciclo reproductivo.

Lo que está más aceptado por la comunidad de Biología se debe a M. Leduc que es un belga premio nobel de Biología que lleva varios años trabajando en posibles orígenes de la vida, es una especie llamada el mundo ARN. EL ARN es un ácido ribonucleico que es una estructura semejante aunque más simple que el ADN que sirve para el momento de la reproducción en sí. Y en el mundo ARN la hipótesis fundamental es que en el origen sólo había ARN, y que el ARN tenía alguna posibilidad de tener reacciones autocatalíticas, es decir autorreproductivas y el propone un ciclo en base a thioestes que da un mecanismo plausible de autorreplicación del ARN. Luego con el mecanismo de selección natural, como el ADN es más estable que el ARN, se podría haber formado el ADN y luego las primeras proteínas. Quedan otras preguntas sin respuestas por ejemplo esto que sucedió en la Tierra, si diéramos marcha atrás, volveríamos exactamente a la misma forma en que surge la vida?

Generar ADN y proteínas no es el final de la historia, tengo que formar células y esto es otra pregunta abierta para los químicos, Aunque se cree que tal vez sean un simple federación de organelos. Voy a marcar los últimos hitos relevantes en la historia de la formación de la complejidad. Aunque no está del todo aceptado, la vida parece haber comenzado en el océano primitivo, pero qué pasó cuando la reserva de energía en este océano primitivo comenzó a agotarse? Bueno ahí la naturaleza invento la clorofila que permitió captar energías del Sol. Otro segundo hecho importante fue el surgimiento del ozono, que fue la capa protectora de la atmósfera y que permitió que los primeros seres vivos pudieran salir del océano. El paso final para llegar a la creación de esta pirámide de la

complejidad es la asociación de células, por el mecanismo de selección natural, en organismos pluricelulares más complicados.



Las fuerzas llevan a las partículas a buscar la estructura más estable, el mínimo de energía posible

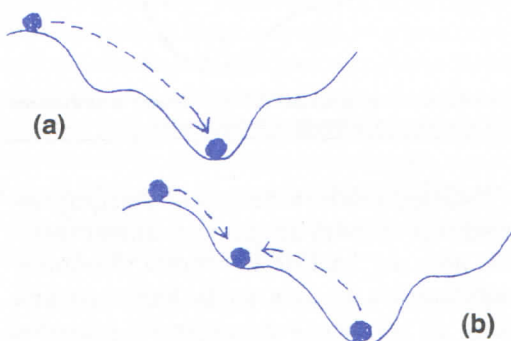
Esta pequeña historia que cuento aquí puede ser una muestra de que seguramente estamos lejos del final de la historia, Porque si concentramos la vida en la Tierra en una escala de un día, vemos que los primeros organismos surgieron a las diez de la mañana, que los dinosaurios surgieron recién a las once de la noche y desaparecen cuarenta minutos después. Ahí surgen los primeros mamíferos. Los primates aparecen en los últimos diez minutos del día y el hombre duplica su masa cerebral en los últimos dos minutos. Pensar que esto se pueda estar terminando acá es realmente de un antropocentrismo preocupante.

Entonces para terminar lo que voy a hacer es intentar contestar la pregunta que me había hecho al principio. Cual es el origen de la información cósmica. Es decir la naturaleza, después del Big Bang, cuando empezó a organizarse, tenía escrita en algún lugar la partitura de que todo esto iba a suceder? A lo largo de mi charla yo he dicho: la naturaleza crea la naturaleza supera crisis, la naturaleza inventa, como si hubiera una partitura escrita en algún lugar, la mano del Dios... Entonces nos podemos preguntar por qué en lugar de una música bien estructurada, por qué no podría haber simplemente un ruido? Es decir falta de información. Es determinista esta evolución? Esto estaba previsto en algún lugar? Para responder a esta pre-



gunta tenemos que volver a algo que mencionamos al principio. La responsable de la estructura del universo son tres fuerzas. Existen cuatro fuerzas en la naturaleza, pero sólo tres de ellas forman estructuras estables. La nuclear en los escalones más bajo de la pirámide, la electromagnética más arriba, y la gravitatoria que nos da las grandes estructuras del universo.

efectivamente la materia va buscando las estructuras más estables entonces por qué no toda la materia ha tendido a las estructuras más estables posibles? Y cuáles son las estructuras más estables posibles? Bueno en el caso de la Física nuclear el núcleo más estable, de los más de mil que se conocen, es el núcleo de hierro. Por qué no todo el universo está formado por núcleos de hierro? Si vamos a la fuerza magnética, por qué no todos los átomos son átomos de helio o de los gases nobles que son las estructuras electromagnéticas más estables? O si vamos a la fuerza gravitatoria los elementos más estables son los agujeros negros, enormes concentraciones de materia. Por qué el universo no se concentra todo en un grano de agujero negro?

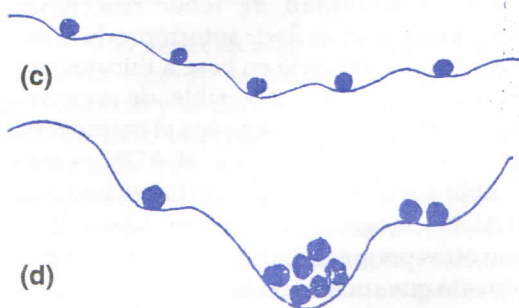


Cuando un terremoto desaparece, el estado final de la "velocidad" con la que desapareció:

- a) Si el terremoto desaparece lentamente, las piedras irán todas al fondo
- b) Si desaparece bruscamente pueden quedar piedras en estado intermedios

Y son de alguna manera esas fuerzas las que determinan la partitura de la música que nos rodea. Las fuerzas procuran llevar los sistemas al mínimo de energía posible hacia estructuras más estables, de la misma forma que si tuviera una roca en un valle y la naturaleza intentara llevarla al fondo del valle, al mínimo de energía, a la estructura más estable. Un átomo es más estable que un núcleo y un electrón por separados, pues un átomo es menos energético.

Entonces la estructura más estable es el átomo que está determinado por la fuerza electromagnética que es la que mantiene unidos a los electrones con los núcleos. Es la búsqueda de estructuras más estables la que lleva a que la naturaleza se vaya estructurando. Primero a través de la fuerza nuclear, luego a través de la fuerza electromagnética y luego gravitatoria. Si



Es muy diferente si tenemos un valle muy profundo a si no es así:

- c) Si es muy profundo es más probable que acaben todas en el fondo.
- b) Si están en una estructura ondulada, si es un valle muy profundo, quedarán en cualquier lugar.

Para entender por qué esto funciona así hay que pensar en la temperatura. La temperatura juega un papel fundamental, similar al de los terremotos en el ejemplo de la piedra. Los terremotos pueden ayudarnos a alcanzar la estructura más estable, pero también pueden llevarnos a estructuras muy inestables. Cuando el terremoto desaparece el estado final depende de la «velocidad» con la que desapareció. Si el terremoto desaparece bruscamente, pueden quedar piedras en estados interme-



dios y no llegan todas al mínimo de energía. En cambio si el terremoto desaparece muy despacito las piedras caerán al fondo y las que van quedando atascadas irán también bajando hasta el fondo del valle, hasta terminar todas en él.

Esto es algo que los físicos conocen hace mucho tiempo, que es la diferencia entre qué sucede cuando tomamos un bloque de agua con sal y lo enfrió. Si lo enfriamos muy lentamente llegara a la estructura más estable posible, pero si el enfriamiento es brusco van a llegar a estructuras muy diferentes que variarán según el enfriamiento. Eso es lo que le está pasando al universo.

El universo es lo que llamamos un sistema amorfo, tiene formas bastante extrañas. El universo se ha expandido muy rápido y se ha enfriado demasiado rápido y entonces las estructuras no tienen tiempo de llegar al mínimo de energía más estable sino que pueden quedar en formas más inestables y por eso no todo es hierro. ¿Qué tiene que ver el azar en todo esto?.

Cuando hablábamos de enfriar el cubo de hielo la estructura final que se alcance depende del azar. Es muy diferente si tenemos un valle muy profundo a si no es así. Si es muy profundo es más probable que acaben todas las piedras en el fondo. Si están metidas en una estructura ondulada sin valles muy profundos, entonces van a quedar más o menos en cualquier lugar. Habrá entonces mayor probabilidad de obtener estructuras diferentes.

Eso es lo que sucede en la naturaleza, la expansión fue muy veloz y «sorprendió» a las fuerzas de la naturaleza antes de que hubieran culminado su trabajo de «minimización». Mientras que la fuerza nuclear, es una fuerza muy intensa, con valles muy profundos, con diferencias de energías muy marcadas, los sistemas unidos por la fuerza nuclear no presentan muchas variedades. Hay algunas decenas de nucleones algunos miles de núcleos

nada más. En cambio si me voy a estructuras unidas por la fuerza electromagnética que es mucho más débil, y por lo tanto los valles son menos profundos, entonces en ese caso tengo más chance de que ocurran cosas muy diferentes. Y entonces la vida tiene mucha más probabilidad de hacer cosas diferentes porque casi que en el límite es una especie de ruleta donde tengo 35 valles totalmente iguales donde puede llegar a caer.

Con esta interpretación, el principio de evolución, el universo juega en una gran ruleta con chances más o menos iguales de ocurrir con la única diferencia de que el crupier es muy bueno y que el principio de selección dice simplemente tomo solamente a las jugadas ganadoras, aquellas que se adaptan bien a sobrevivir.

Entonces para concluir, puedo decir es que hay una forma de explicar de manera bastante precisa cómo se fue estructurando la materia a partir del Big Bang. Y son las fuerzas de la naturaleza por un lado, y la velocidad de expansión del universo las responsables de la estructura actual de la pirámide de la complejidad. La formación de la complejidad en la sobrefusión hace que la música que nos rodea tenga más la libertad del jazz que la rigidez de una partitura de música clásica.

*NO somos más que marionetas  
y el cielo es el titiritero.*

*En realidad,*

*y no sólo en metáfora,  
durante un breve momento,  
pasamos sobre el escenario.*

*Luego uno por uno, volvemos a la caja de la  
[ nada.*

Omar Khayyam

Poeta y astrónomo islámico del siglo XII.



## Una lección de Pedagogía

*La siguiente es una carta que fue enviada al diario La Presse de Montreal, Canadá, por Alexandre Calandra, profesora de Física de la Universidad de Washington. La nota se publicó primeramente en dicho diario y más tarde en la revista Índice Universitario de Montevideo. La gracia y el interés de la anécdota son el motivo de que ahora volvamos a reproducirla aquí, además de que creemos que es una de esas historias que vale la pena tener presentes.*

Hace algún tiempo recibí la llamada de un colega que me solicitaba ser árbitro en la corrección de un examen. El estaba seguro de calificar con cero a un estudiante por su respuesta a una pregunta de Física, mientras que el estudiante aseguraba que debía recibir la totalidad de los puntos previstos, a menos que "el sistema" estuviese en contra suya. El profesor y el estudiante se habían puesto de acuerdo a someter el caso a un árbitro imparcial y me eligieron como tal. Fui al despacho de mi colega y allí leí la pregunta del examen.

*"Demuestre cómo es posible determinar la altura de un gran edificio con la ayuda de un barómetro"*

El estudiante había respondido: *"Suba el barómetro al techo del edificio, amárrelo a una cuerda larga, descuélguelo hasta la calle. Enseguida vuélvalo a subir y mida la longitud de la cuerda. La longitud de la cuerda equivale a la altura del edificio"*.

Hice notar que el estudiante tenía un argumento bastante plausible para que le fuera otorgada la totalidad de los puntos, puesto que había respondido completa y correctamente a la pregunta formulada. Pero si tal calificación le era asignada, quedaría en ventaja sobre los demás alumnos. Sugerí entonces que el estudiante tuviera una nueva oportunidad para responder a la misma pregunta. No me sorprendió que mi colega estuviera de acuerdo, pero me asombró que el alumno asumiera una posición similar.

Concedí entonces al estudiante seis minutos para que pudiera responder a la pregunta, advirtiéndole que la respuesta debía demostrar un cierto conocimiento de la Física.

Transcurrieron 5 minutos y no había escrito nada. Le pregunté si quería abandonar la prueba, pero respondió "No". Tenía varias soluciones al problema y estaba tratando de definir cuál sería la mejor. Me disculpé por interrumpirlo y le pedí que continuara. En el minuto siguiente, garrapateó esta respuesta: *"Lleve el barómetro al techo del edificio e inclínese sobre el borde; deje caer el barómetro y mida el tiempo de su caída con un cronómetro. Luego calcule la altura del edificio empleando la fórmula  $S=at^2$ "*.

Esta vez le pregunté a mi colega si aceptaba. Accedió, y asignó al alumno casi la totalidad del

puntaje. Yo me preparaba para salir, pero el estudiante me detuvo, diciéndome que tenía otras respuestas al problema. Le pregunté cuáles eran. *"¡Ah, sí!"*, dijo el estudiante. *"Hay varias maneras de determinar la altura de un gran edificio con la ayuda de un barómetro. Se puede, por ejemplo, sacar el barómetro en un día soleado, medir su altura, el largo de su sombra y el largo de la sombra del edificio y después, empleando una simple proporción, calcular la altura del edificio."*

"Muy bien", le respondí. *"¿Y las otras?"*

"Sí", me dijo. *"Existe un método de medida fundamental que a usted le encantará. Según este método, usted toma el barómetro y sube por las escaleras. Al subir, va marcando la longitud del barómetro, a lo largo del muro. Luego, cuenta el número de marcas y obtiene la altura del edificio en "unidades barométricas". Es un método muy directo". "Naturalmente, si quiere un método más sofisticado, puede amarrar el barómetro a una cuerda balancearlo como un péndulo, y determinar el valor "g" al nivel de la calle y al nivel del techo del edificio. La altura del edificio puede, en principio calcularse a partir de la diferencia entre los dos valores obtenidos"*.

Finalmente, concluyó que existían varias maneras de resolver el problema, además de las ya mencionadas. *"Probablemente la mejor"*, dijo, *"es tomar el barómetro y golpear a la puerta del administrador del edificio. Cuando éste responda, usted le dice de esta manera: -Señor administrador, he aquí un excelente barómetro. Si Ud. me dice la altura de este edificio, se lo regalo-"*. En ese momento, le pregunté si conocía la respuesta convencional al problema. Ante la pregunta, admitió que sí; pero argumentó que estaba harto de todos los maestros que desde la secundaria pretendían enseñar cómo pensar, cómo emplear el método científico, cómo explorar las profundidades de la lógica de un tema estudiado, y todo eso de una manera pedante, como sucede a menudo en matemáticas modernas, sin mostrar la estructura misma del tema tratado. De regreso a mi oficina, reflexioné largo tiempo sobre este estudiante. Mejor que todos los informes sofisticados que hasta entonces había leído, acababa de enseñarme la verdadera pedagogía, la que se apega a la realidad. Con jóvenes como éste, no le temo al futuro.



## El papel de la Física en el nuevo Plan Piloto

*Durante este año, englobados dentro de lo que se ha llamado Reforma Educativa, se han llevado a cabo por parte del CO.DI.CEN una serie de modificaciones en los programas de ciencias del Ciclo Básico que se han dictado a modo de prueba en algunos liceos.*

*Esto motivó nuestro interés, en crear una instancia que brindara una oportunidad para reflexionar sobre algunos de esos cambios, por lo que el día 16 de Octubre se conformó un panel que tuvo por finalidad analizar « el papel de la Física en el nuevo Plan Piloto ». Para la integración del mismo se invitó al CO.DI.CEN., al Consejo de Educación Secundaria, a la Universidad de la República, a la Sociedad Uruguaya de Física, y a los profesores Claudia Nielsen, Ana Scavone y Mario Guerra.*

*Publicamos aquí las intervenciones de los profesores que finalmente asistieron, con excepción de la exposición realizada por la profesora Claudia Nielsen, que manifestó su deseo de no hacerlo.*

*Se incluye además en este documento, un trabajo sobre este tema que había sido preparado para esta actividad por el Dr. Gabriel González, Profesor Agregado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Vicepresidente de la Sociedad Uruguaya de Física.*

### Prof. Ana Scavone

He decidido comenzar a analizar el tema propuesto, mirando desde dentro del Sistema al cual pertenezco, aquellos aspectos relevantes que configuran antecedentes. Ellos son:

#### 1) La investigación diagnóstico sobre la Educación Básica del Uruguay. Junio 1992.

En la misma se expresa a modo de conclusión: "El resultado medido por las pruebas de Idioma Español y Matemática aplicadas por la CEPAL en Julio de 1991, obliga a manifestar inquietud porque no sólo está en juego el costo académico de una expansión social de la matrícula sino también una doble crisis de fines y de funcionamiento del ciclo básico de enseñanza medio, que compromete el desarrollo de las capacidades de los educandos, el sistema educativo postbásico y la calidad de los recursos humanos del Uruguay". En esta expresión se resume gran parte de las angustias que hemos vivido, especialmente desde la reforma del C.B, cuando se produce la explosión de la matrícula. Por otra parte, el resultado obtenido en estas asignaturas, no nos es ajeno, puesto que todo profesor de Física conoce la importancia del dominio de la len-

gua materna, y del razonamiento matemático por parte del estudiante en el proceso de Enseñanza Aprendizaje, donde estas competencias se vieron francamente debilitadas, al recibir en las aulas no sólo muchos más alumnos, sino alumnos pertenecientes a los hogares con N.B.I.

#### 2) En 1993 se realiza la reforma Programática.

En ella se reforman todos los programas de Educación Secundaria del C.B. (1º, 2º, 3º). En la misma se enumeran las objeciones a los programas existentes a la fecha:

- exceso de contenidos.
- falta de coordinación temática.
- programas únicos comunes y obligatorios.
- ausencia de contemporaneidad, resaltando que estos elementos desmotivaron al estudiante y representaban causantes de los bajos logros.

Es así que se establecieron criterios orientadores de los nuevos programas

- \* selección y jerarquización de contenidos de cada asignatura.
- \* aligeramiento temático.
- \* unidad del conocimiento, unidad temática y metodológica (la interrelación entre áreas y/o asignaturas del ciclo de estudios).
- \* atender el contexto social.



De esta forma se promueve el cambio de paradigma curricular. Es de destacar además, el procedimiento utilizado. Tradicionalmente, los programas eran elaborados en instancias centrales de decisión (Consejo-Inspección). El nuevo modelo curricular se estructura en base a núcleos básicos y variables siguiendo para su elaboración, un proceso donde la Inspección deja de ser la única responsable de los programas, para formar parte de una Comisión de Reformulación Programática, integrada además por tres delegados de Inspección y tres delegados de las A.T.D.

Entre las doce etapas cumplidas en este proceso, cabe destacar que una vez, que la comisión de la asignatura elaboraba los anteproyectos de programa, eran enviados a las Salas Departamentales y Zonales de la asignatura. Luego de su análisis y crítica, volvían a la Comisión para su formulación definitiva.

En el balance, el entonces Director Gral de E.S. expresa: "Si por razones substanciales es de esperar que la reformulación programática, contribuya a jerarquizar el PRENAP, no es menor para alcanzar ese propósito la significación que reviste el procedimiento, la forma elegida para llevarla a cabo. Es más, los mecanismos que se utilizaron en esta oportunidad, para procesar la innovación, configuran una manera sin precedentes ni parangón en la historia de nuestra educación nacional de concebir el cambio y el papel que en su construcción debe jugar el cuerpo de profesores. ....Donde las A.T.D impulsaron y trabajaron intensamente para su logro".

En este libro se podrán encontrar las fundamentaciones, criterios para la ref. de prog., coordinación interdisciplinaria, criterios relativos al aprendizaje entre otros puntos. Probablemente, no todos los docentes vivimos este proceso, con las mismas expectativas, pero hoy sin duda la muestra de cómo se pudo concretar una forma de trabajo, impulsada por los docentes, a través de sus instituciones técnicas.

### 3) Innovaciones vinculadas con la interdisciplinariedad relacionadas con la Física

- a) Microexperiencia del Ciclo Básico
- b) Experiencia de Extensión de tiempo pedagógico.
- c) Taller de Ciencias Experimentales.

Con la intención de poner en conocimiento de los aquí presentes, la información que he recabado sobre las innovaciones antes mencionadas, haré referencia de manera sintética a cada una de ellas, dejando en todos los casos a disposición de los interesados la documentación que he reunido para una mejor y más amplia información sobre las mismas.

a) Microexperiencia de Ciclo Básico, se concentró en cuatro liceos, dos de Montevideo y dos del Interior. La participación de Física se realizó dentro de Ciencias de la Naturaleza, junto con Biología y Química..

En el informe sobre la microexperiencia presentado en las Jornadas sobre Renovación Pedagógica de Educación Secundaria, 5 y 6 de setiembre 1994, se expresa en las conclusiones que "la Sala percibe que no ha habido una planificación total, previa a la implementación del proyecto, lo que ha determinado que en su ejecución se viera muchas veces condicionada por la intuición, buena voluntad y sentido común de los actores. Cómo quedó expresado con anterioridad, no estuvieron, a nuestro juicio, claramente establecidos, los objetivos del diseño curricular y tampoco parecería estar apoyado en una investigación educativa previa". Esta es parte de las conclusiones elaboradas en conjunto por inspectores de Institutos y Liceos y los respectivos Directores de los liceos de la Micro.

b) En la experiencia de E.T.P. no sólo se ha hecho un esfuerzo de trabajo interdisciplinario, sino que se ha enfocado hacia el medio es decir contextualizado.

Desde hace tres años y medio, en seis liceos (en este momento todos son del interior), el equipo de apoyo interdisciplinario



coordina y orienta a los docentes en el terreno. Con un enfoque donde se toman en cuenta, conceptos, procedimientos y actitudes en forma global trabajan sobre proyectos.

En el módulo de profundización, donde participan Ciencias Físicas, Biología, Historia y Geografía, llegan a planteos teóricos, tratando de analizar situaciones en el marco teórico de la Teoría de Ausubel.

c) En el Taller de Ciencias Experimentales, dentro del currículo, se disponen de tres horas semanales, en 1º año del C.B. con excepción de algunos liceos donde se realizan A.A.M.

Se realiza trabajo en proyectos o pequeñas investigaciones a propuesta del alumno, referidos a un centro de interés determinado en el programa: "agua, luz, aire, suelo, alimentos". Se utiliza la modalidad de trabajo grupal, donde se formulan interrogantes, se realizan actividades y se favorece la autoevaluación entre otras formas.

En estos talleres, el 50% son profesores de Biología, hasta un 40% son profesores de Física y Química y el 10% provienen de otras asignaturas. Se encara un problema desde diferentes puntos de vista. No están delimitadas las asignaturas, aproximándose a un enfoque global. El centro de esta propuesta no está en los contenidos, sino en la metodología.

Este taller es orientado y apoyado por una comisión integrada por profesores de Física, Química y Biología, integrada originalmente por un delegado de A.T.D y uno de Inspección en cada asignatura, así como también por los respectivos Inspectores.

### La Reforma Educativa-1995

En la Reforma iniciada, en lo que tiene que ver con los programas de Ciencias, en particular en lo referido a Física, se observan dos rupturas vinculadas con el período anterior y con las tradiciones de las instituciones educativas.

1º) Se interrumpe el proceso impulsado por las A.T.D para la elaboración y reforma de programas caracterizado por el respaldo técnico y la participación de los docentes.

2º) Se produce el hecho una ruptura con las instituciones técnicas al realizar, una innovación educativa, donde no se disponen de análisis y validación técnica que surja de vías institucionales.

Estas rupturas desencadenan una serie de efectos en los diferentes actores sociales, generando desde mi punto de vista una sensación de inseguridad y de pérdida de referencias. Esto hace que en lugar de circular la información a través de los canales establecidos, en forma organizada, se favorezca la confusión producto de la desinformación.

Es sin embargo, un elemento clave para el análisis del tema que nos convoca hoy "el papel de la Física en el plan piloto", el hecho que se propone una innovación tal como está planteada, sin antecedentes en lo que corresponde al C.B.

Esta innovación implica un conjunto de cambios entre los que podemos señalar:

- \* desconocimiento por parte del docente de las estructuras organizadores de la disciplinas que integran el área.
- \* desconocimiento por parte del docente de los nuevos contenidos, conceptos, relaciones entre los mismos, actividades, formas de evaluar, formas de tratar los errores.
- \* falta de referencias en prácticas pedagógicas.
- \* falta bibliografía de apoyo para el alumno y para el docente, que encare los temas de acuerdo con la innovación propuesta.

Parece ser condición necesaria para la implementación de esta innovación, la realización de la misma dentro del marco de una investigación educativa, la cual requiere tener claramente definidos los problemas, la imprescindible búsqueda de las experiencias realizadas sobre ciencias integradas en otros países, en particular las recomendaciones de UNESCO, así como la evaluación correspondiente.



### Prof. Mario Guerra

#### I. Aclaración Previa

En primer lugar es necesario establecer claramente, que el hecho de encontrarme en este panel, acompañado de las Profesoras Ana SCAVONE y Claudia NIELSEN, es absolutamente accidental. Ello es debido a que gente amiga de APFU me ha seleccionado, pero no porque sea yo quien mejor pueda defender, u opinar, sobre los tópicos que nos convocan. Otras personas, de opiniones similares a las mías, podrían muy bien defender estas ideas en mejor forma. En todo caso es la opinión de un ciudadano quién accidentalmente es también Profesor de Física.

**II. Sobre los contenidos de los Programas elaborados para la Reforma en lo que a Ciencias de la Naturaleza se refiere,** es público que ya he realizado un escrito donde se aclaran mis opiniones. No se trata ahora de volver sobre ese punto en forma exclusiva. En esta oportunidad desearía analizar los documentos que motivaron esa opinión negativa de nuestra parte sumando ahora otros aspectos que surgen a partir de documentos recientemente conocidos y también de las apreciaciones que ha vertido la Sra. Profesora Claudia Nielsen hace unos minutos.

El que un Programa tenga defectos, aspectos discutibles, o de disidencia, no es nuevo. Esa situación ha existido, existe, y existirá siempre. En cualquier caso, si los protagonistas de la acción, toman en consideración las observaciones que se realizan a su trabajo, es probable que haya una importante mejoría, y todo concluya con una buena propuesta programática.

En cambio, es más delicado cuando las observaciones no son sobre los contenidos exclusivamente, sino sobre las bases, los fundamentos, y la doctrina de la propuesta. Es en la doctrina donde están encerradas las consecuencias inmediatas y mediatas de la acción que se emprende. La Profesora Nielsen nos ha dicho en su presentación que estamos ante una «propuesta programática» y no ante un Programa,

y que como tal, es una elaboración sometida a revisión y ajustes. En esta acción, como en cualquier acto humano, es válida aquella afirmación del Evangelio: «por el fruto conocerás el árbol». Si esta «propuesta programática» es consecuencia, es el producto, de un debate previo entre sus realizadores, en mi modesta opinión, las cosas no están bien estructuradas.

En fecha reciente he tomado conocimiento de un documento oficial rotulado con las siglas «ANEP-CODICEN», titulado «Informe y fundamentación del plan piloto para el Ciclo Básico y del programa de Ciencias de la Naturaleza» que lleva la firma de su autor, el cual es uno de los promotores del cambio proyectado en el área de Ciencias. En algunas partes de esta exposición voy a referirme a este documento. En dicho escrito se resume la doctrina de lo que se desea hacer.

Afirmo que el Programa o la Propuesta Programática es contradictoria y desordenada en sus bases, en sus propósitos, y en su desarrollo. En sus bases porque las mismas coinciden con la naturaleza de la temática elegida; en sus propósitos porque no existe un objetivo definido en la acción emprendida, sino difusas opiniones voluntaristas; en su desarrollo porque la estructura presentada «hace agua» por donde se la considere, como establecimos oportunamente en la publicación realizada en la última revista de APFU. Es obvio, que una acción educativa que propenda a la formación en aspectos científicos no puede ser contradictoria ni desordenada.

Las contradicciones más flagrantes se evidencian al proponer acciones didácticas que en modo alguno pueden conducir a los objetivos, algunos de ello totalmente desmesurados. El desorden es evidente al no existir una cadena de estructuración entre los diferentes puntos que se deben abordar. Se proponen asuntos para los cuales no existen herramientas, ni anteriores, ni originadas en el propio desarrollo de la acción que se propone. Se trata de una «mezcla» temática, donde todo surge sin conexión alguna y donde los diferentes puntos a tratar, carecen de apoyo razonablemente forme. Se trataría



en última instancia de una especie de redescubrimiento sin elementos previos de juicio. Los redactores de la propuesta han elegido por el camino de elaborar un área de ciencias, entre otras opciones posibles. ¿Cuáles han sido las razones para elegir la integración como camino? ¿Han sido documentos y análisis fundados, trabajos de campo en el propio terreno educativo nacional, que determinan claramente la elección de esa posición? Nadie, fuera del grupo de redactores, lo sabe. ¿Cuáles han sido las razones para rechazar otras opciones? Nadie, fuera del grupo de redactores, lo sabe.

En nuestro País existió un intento de acción «coordinada» en Ciencias dentro del ámbito Oficial. Se le conoció genéricamente como «Plan 1963». Se trataba de un Plan, a nuestro criterio, bien concebido. Lo que aquí se propone no es esto. La respuesta al porqué de la elección realizada no está entonces en antecedentes «autóctonos». Por lo que hay que buscar en otro lado.

UNESCO es un organismo que tiene larga experiencia en la Enseñanza Integrada, y tradicionalmente ha sido una de las fuentes productoras más proficuas de documentos críticos acerca de esa tesitura. En el Tomo III de «New Trends in Physics» se puede leer al respecto: «la subdivisión en disciplinas tiene su origen en las diferencias específicas de sus metodologías y en sus características propias. Se parte de un enfoque no diferenciado y la comprensión lleva a un tratamiento diferenciado». Esta declaración podemos adoptarla como un «principio», a partir del cual, parecería razonable, elegir por el camino de «las áreas».

Seguidamente se afirma: «En muchos países hay pocos Profesores preparados para la enseñanza integrada. Solamente un pequeño número de Universidades ofrece cursos preparatorios para Docentes, y además, son muy pocos los que se inscriben en esos cursos». Y se agrega luego: «Además existe un problema acerca de la confianza con que los Docentes enfrentan la tarea. Este aspecto no ha sido resuelto aún». Y también: «En una tarea más adulta, se reconocerán las parce-

las, como pertenecientes a las diferentes disciplinas, con mucho más edad», y continúa, «la preparación de un Docente en una sola disciplina, es ya bastante difícil. Prepararlo en una versión integradora lo es más y lleva mucho tiempo. Las acciones deben prepararse en forma muy cuidadosa y sin premura, lo que no siempre es posible. Los profesores de Secundaria no disponen, o es poco probable que dispongan, de las diferentes disciplinas para enfrentar una forma integrada de desarrollar el curso» Finalmente: «¿Cómo se planteará la evaluación de habilidades? ¿Cómo determinar hasta qué punto los alumnos han adquirido una idea unificada de la naturaleza y de la tecnología? ¿Han llegado los alumnos a dominar mejor la metodología científica debido al desarrollo integrado? Estas preguntas no han sido respondidas aún».

Algo de lo aquí dicho ya está ocurriendo. Los profesores que trabajan en el área de ciencias integradas no han sido «cuidadosamente preparados»; la evaluación de conocimientos ni siquiera es mencionada en las propuestas de programas que ya están en funcionamiento. Lo anterior revela algo de importancia suprema: los intentos de suprimir las disciplinas, e implantar las áreas integradas, se mueven en un amplio campo de dudas, de «zonas oscuras», donde se toman las opiniones, o las intenciones, como hechos demostrados, o afirmaciones de verdad. Si esto no es erróneo, se parece mucho a un proceder poco científico. Proceder de este modo es anticientífico.

Los Profesores en general revelan dudas, por cautela, por su formación y por su información. Se trata de reservas inteligentes basadas en la duda crítica, en un escepticismo fundado en la propia inseguridad que revelan quienes sostiene la idea de la integración, que parecen moverse sin rumbo claro, ni objetivo definido. En ese mismo documento se dice: «La simple coordinación puede ser un paso intermedio que no quebrante las diferentes disciplinas. En particular: FÍSICA».

Volvamos por un momento al documento de ANEP-CODICEN mencionado ante-



riormente. Cuando se vierte una opinión, sobre cualquier temática, es común que quien eso hace, se refiera a la opinión de alguien relevante, como medio de avalar la propia. Si por casualidad, nuestra opinión es coincidente en algún aspecto con la de Bertrand Russell, o la de Karl Popper, o la de Imre Lakatos, es natural que nuestro argumento tenga más peso, dado el prestigio de nuestro aval. De cualquier manera, aparte de los apoyos referenciales, lo más importante es establecer lo que uno piensa. Cuando se plantea una reforma de la envergadura que aquí se propone no alcanza con referirse a las opiniones de otros. Hay que establecer claramente, concisamente, las bases sólidas de nuestras opiniones a partir de conceptos propios derivados del contexto al cual esas opiniones se refieren.

Lo elaboradores de la «propuesta programática» también han elegido por el camino de las referencias. Una de ellas es un trabajo realizado en 1975 por el profesor Francis Halbswach, de cuño netamente piagetiano, que en su momento causó algún impacto, más emocional que concreto. El documento mencionado se tituló: «La Física del Profesor, entre la Física del Físico y la Física del Alumno». La mención a este trabajo tiene como fin establecer la necesidad de limitar las exageraciones en los planteos que algunos Docentes pueden realizar en sus cursos en lo relativo a la rigurosidad, abstracción, y planteo de los modelos físicos. El problema es que el mencionado documento no sirve para derruir lo existente y basar en el lo que se propone, porque nada de lo que allí se dice tiene algo que ver con la «integración de las ciencias». Además, el planteo del citado autor es más que polémico en muchos de sus aspectos y, hace 21 años, los problemas eran demasiado diferentes a los actuales en el campo científico y del conocimiento, como para utilizarlo. Se trata de un documento que encierra exageraciones, simplismos, y errores técnicos, como sería extremadamente sencillo demostrar. No es una buena referencia.

No es aceptable tampoco, la postura que aquí se preconiza: «el aprendizaje científico

de los alumnos que no siguen en la enseñanza, ni siguen una disciplina con vistas a una profesión futura, como una salida CULTURAL». Los redactores del documento, están de acuerdo con esta afirmación, desde el momento que la citan.

A nuestro juicio esta postura es errónea. Una «salida cultural» no es sinónimo de una «salida de emergencia». Las culturas tienen funciones específicas, entre las cuales hay una que es esencial: transferir a los miembros de un grupo humano los logros y los valores de ese grupo, para que los perpetúen o los cambien y los mejoren. Aquí no hay nada de esto. No es un problema de «temas», es un asunto que tiene que ver con «el hombre y su naturaleza». En una etapa formativa EL HOMBRE DEBE ESTAR PRESENTE y los «temas» no tienen valor en sí, sino pretextual. Pero además, los temas que se seleccionen deben dar satisfacción al progreso intelectual. Y aquí sí, los «temas» son importantes. Porque una incorrecta estructura, o selección, conduce al retraso.

Hay otro aspecto al que deseamos referirnos. Hace 88 años el Dr. Carlos Vaz Ferreira examinó el problema de la «exageración y el simplismo en la enseñanza» en una conferencia inolvidable que dictara en 1908 en el «Instituto María Stagnaro de Munar». Y allí nos advirtió sobre los peligros que esas posturas conllevan. Tal vez sin quererlo, estamos cayendo en esto nuevamente. La propuesta programática es a la vez simplista y exagerada. Simplista en sus actividades, exagerada en sus metas de profundización.

Sostener que no todos los alumnos serán futuros científicos es una banalidad; sostener que todos los alumnos deben aprender ciencias porque serán estudiantes terciarios de perfil científico, es otra banalidad. Lo que no es una banalidad, porque es un error, es sostener la validez de una ruptura cismática con todo, en base a juicios que son banales. Toda ruptura lesiona. La Ciencia, que es una construcción intelectual e interactiva con la «realidad», tiene un estatuto que debe ser respetado a menos que no sea Ciencia, y se transforme en juego. En nuestra nota publi-



cada en la Revista de APFU, nos ocupamos de algunas preguntas insertas en la «propuesta programática» totalmente desproporcionadas, si comparamos los objetivos confusos que se persiguen y las acciones didácticas que supuestamente acercan a los mismos. Hay cuestiones que fueron planteadas por los presocráticos, por los post-socráticos, en el medioevo, en la edad moderna, o en el siglo XVIII, y también por los contemporáneos que son objeto de bibliotecas enteras.

*Si consideramos las obras de Tales, Heráclito, Parménides, Aristóteles, Bacon, Occam, Spinoza, Descartes, Leibniz, Hume, Russell, Carnap, Reichenbach, Popper, o Kuhn, o de quién a uno se le ocurra, veremos que no tienen respuestas finales sobre cuestiones que aquí se solicita especulen los alumnos de cursos liceales introductorios. El tecnicismo que requiere una comprensión tan sólo superficial exige una información depurada. La conclusión entonces a este estado de cosas no puede ser otra que: la «propuesta programática» sugiere una suerte de «barniz en cosas profundas» cuando hay cuestiones más inmediatas sin resolver.*

En el documento que nos ocupa se habla de la creación de una «Supradisciplina». ¿Qué entienden los redactores de la «propuesta programática» por «supradisciplina»? Seguramente no tiene el sentido de lo que realmente se da a esta palabra. Lo más seguro es que se trate de una afirmación, absolutamente desproporcionada.

Tampoco está claro cómo se debe desarrollar la estructura integrada, para desembocar en las disciplinas individuales que, según parece, es la coronación final de ese proceso integrador. Nada de lo conocido, salvo declaraciones de intenciones, explica cómo se logra este paso.

La «propuesta programática» es básicamente de naturaleza «biológica». Se habla de «metabolismo», de «sistemas abiertos», de «autorregulación», de «conservación del medio», de «angiospermas» de «gimnospermas»,... Entonces: ¿Cómo y con qué herra-

mientas contarán los alumnos, que finalizan el proceso de integración, para abordar la especificidad de las disciplinas? ¿Dónde está establecido este aspecto? ¿Es algo debidamente estructurado? ¿Es una idea a concretar? ¿Se gestará sobre la marcha? ¿O se piensa que por ensayar aspectos simples de la metodología científica, se está en condiciones de abordar cualquier disciplina? Si es así, se está en un profundo error. Hay zonas del conocimiento, que actualmente son abordables, que no lo serán, a menos que se establezca claramente el proceso en toda la línea.

*Existe un riesgo evidente, del que tampoco se habla. ¿Qué ocurrirá con los alumnos que no puedan progresar en el ciclo de las disciplinas específicas, por falta de conocimientos habilitantes, que no fueron trabajados, pensados, comprendidos, internalizados con anterioridad? ¿Les diremos simplemente que están dentro del porcentaje previsto de insuficientes? ¿Y los años perdidos? ¿Y el retraso que ello significará en su vida, ante un experimento pedagógico que está plagado de imprecisiones y cabos sueltos? La sociedad no es solamente estadísticas, hay personas detrás de esos números. ¿Se ha pensado salidas alternativas para estos casos?. Si se crea un problema y no se dan soluciones, se es parte del problema.*

Tal vez haya sido pensado y personalmente lo desconozca. En cuyo caso me apresuro a pedir disculpas ante mi ignorancia. Pero dado que nada de lo que ha servido como fuente informativa roza este punto, nos ha surgido la duda sobre si tal cosa existirá. En todos lados, incluso los redactores de las «propuestas programáticas», establecen: «es una propuesta; vamos a evaluarla y vamos a medirla». Es probable que pequemos de un «criticismo a ultranza», a los oídos de quien esto escuche. Pero no es así. Simplemente es una inquietud no satisfecha por la información existente. Nuestra impresión es que la propuesta no está debidamente madurada, ni debidamente pensada.

III. Hace 40 años, los intentos de integración fueron planteados en un país pionero: Inglaterra. Veinte años atrás en el Uruguay



se conoció esa concepción integradora llamada «NUFFIELD PROJECT». Se trataba de un «proyecto» cuidadosamente concebido, con materiales bibliográficos de muy buena calidad, elaborados por grupos de especialistas en el tema, entre los que había: Profesores, Sicólogos, Pedagogos, Científicos de relevancia (recordamos por ejemplo al Dr. Neville MOTT, especialista en Física de los estados de agregación), y otros. Detrás del Proyecto, se encontraba el propio Ministerio de Educación. La calidad de la gente seleccionada era óptima; los recursos casi ideales; el apoyo, total; los detalles cuidadosamente cubiertos. Sin embargo, el proyecto fracasó.

Vayamos a algo más reciente. La «Oxford University» ha concretado una estructura denominada «COORDINATED-SCIENCE». Se trata de un programa que contiene una estrecha relación entre Biología, Física y Química, muy planificada, semana a semana, tema a tema, con evaluaciones cuidadosamente previstas. Los Profesores a los cuales se confía esta acción, no son Profesores «integrados», sino Docentes que coordinan sus tareas en forma muy planificada. Esto es absolutamente diferente al ensayo que se preconiza en nuestro país.

La pregunta que sugiere lo anterior es obvia: ¿no será conveniente detenerse en este ensayo y pensarlo algo más y con mayor cuidado? No alcanza con decir: «los profesores que trabajan en la experiencia piloto están muy conformes»; «los Profesores intercambian experiencias y vivencias con el fin de divulgar aquello que puede ser útil».

Un trabajo de «campo», no es una acción errática, donde se «tiran cosas sobre la mesa a ver qué ocurre» para después evaluar, porque el experimento se realiza con personas, sean éstos Alumnos o Profesores. Los Alumnos son la razón de ser del sistema educativo. Pero los profesores también son dignos de consideración. Aquí hay un aspecto al que deseo referirme. Las concentraciones previstas, han dado prioridad a Docen-

tes de menor jerarquía escalafonaria, en perjuicio directo de otros, en una situación que tiende a agravarse. ¿No se debe pensar en estos aspectos? Los Profesores son agentes sociales y como individuos tienen responsabilidades y obligaciones que cumplir. No es un elemento de juicio valedero, que algunos estén conformes. Porque la enorme mayoría, se siente inseguro, preocupado, con una gran incertidumbre. Los futuros Docentes del Instituto de Profesores «Artigas», que se preparan en disciplinas específicas, ¿qué futuro tendrán? Se han preparado con un fin y no es por el simple hecho de que se presenten como aspirantes a desempeñarse como Docentes de la Reforma en Ciencias, que sus problemas se resuelven.

Se ha dicho por parte de una figura importante del cambio preconizado: «¿es razonable plantear la preparación de Docentes en el Instituto de Profesores en Ciencias Integradas cuando no sabemos si el experimento tendrá éxito? ¿Y si fracasa? No creo conveniente hacer un planteo de este tipo». Estas frases son, en sí mismas, la razón de la sinrazón o el argumento del absurdo. No creemos que sea necesario fundamentar respuestas para estas «llamativas» afirmaciones. No obstante, sigue en pie una pregunta: ¿qué pasará con nuestros docentes actuales y futuros? La respuesta no es solamente de «naturaleza educativa» Es también y sobre todo de naturaleza social. Hay muchas cosas que es necesario explicar muy claramente para todo el mundo las entienda.

No alcanza con decir: «Shayer dice....», «Halbswach dice...» Nos gustaría saber, ante este cúmulo de dudas, de planteos reiteradamente no respondidos, de inseguridades, de voluntarismos, qué dicen los que confeccionaron las «propuestas programáticas».

Enseñar no es una tarea de «segundo orden». Es una responsabilidad social de primer nivel. Y en esto están de acuerdo todas las fuerzas vivas de una Nación, independientemente de sus convicciones o creencias. Hacer una Reforma no es cosa pequeña. Es necesario entonces dar pasos firmes y



seguros. Tal vez más cortos, pero más seguros y con menos incertezas para todos. Hay aspectos sociales, que no pueden ser soslayados. Y esto es mucho más fundamental que si en el programa va el «artrópodo» o va «el batracio». Estos son puntos de mínima o inexistente relevancia en el cuadro general de la acción. Aunque juzguemos, personalmente, que ellos, como puntos de discusión sean sin interés y muy alejados de una formación científica.

IV. La Reforma proyectada, y parcialmente implantada, ha relegado a la Física de una forma llamativa. Dicho así, parece un error. Sabemos de los que opinan en este sentido, que existen las llamadas «ciencias DURAS» y las llamadas «ciencias BLANDAS». Es una opinión más que discutible. No es suficiente que haya quienes así opinen, sin tener en cuenta la relevancia formativa del pensamiento crítico de una Ciencia, que propende al desarrollo del pensamiento sano y razonablemente escéptico. No insistiremos aquí, sobre lo ya expresado acerca de la relevancia en el desarrollo histórico que esta ciencia ha tenido.

Ahora nos encontramos con defensores de una tesis insólita: es mejor una formación inmediateista, la «salida cultural» que preconiza Halbswach, en detrimento de una formación actualizada y moderna (ya que no podría ser tal si se excluye a la Física). ¿Quién necesita esa formación inmediateista? ¿El mercado? ¿Las empresas? ¿La industria? ¿La agropecuaria? ¿La educación terciaria? Si hay algo que podemos hacer, es preparar mejor a nuestra gente y promocionar lo que saben, si este conocimiento es de buena calidad. El conocimiento es riqueza. Todo parecería indicar que vamos en el camino opuesto. No es solución «emparejar hacia abajo». Nunca fue solución y tampoco lo será ahora. Hay cosas donde la Historia no tiene excepciones.

*No es suficiente manipular datos en forma superficial, opiniones basadas en «pareceres». No es válido, en nuestro contexto, utilizar*

*argumentos tales como: «porque en Estados Unidos se hace...»; «porque en Inglaterra se hace...». Pero si deseamos establecer comparaciones veamos qué ha ocurrido en un país que es más parecido al nuestro en muchos aspectos, y muy diferente en otros: los Estados Unidos de México. Allí, la Enseñanza por áreas fue barrida por los serios fracasos escolares a que los condujo. Esto no es una opinión, sino un hecho, perfectamente documentado en un escrito que lleva la firma del entonces Secretario de Educación y hoy Presidente de México, el Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León. Este documento está en Internet al alcance de quien lo quiera leer. Muchas personas presentes en esta reunión lo conocen perfectamente. La exclusión de las áreas se decidió por coincidencia de las diferentes opiniones, que abarcaron a todas las fuerzas vivas de la Nación. Surge entonces esta cuestión: ¿todos están equivocados? ¿Todos los que implantaron las áreas, las mal aplicaron? ¿El sistema es bueno y son los agentes los que fracasan siempre? Entonces, si el sistema fracasa siempre ¿a qué grupo humano debe aplicarse? ¿No será que no es adecuado? Quiénes trabajaron en la elaboración de este cambio en Ciencias parecen estar convencidos de que todo el mundo está equivocado. Aunque esa tesitura se trate de «ablandar» diciendo que se abre un «espacio de duda» o un ámbito de «reflexión» expectante. Nadie que disponga de una somera información acerca de lo que es una teoría física actual, un modelo biológico, o químico moderno, puede, con cierta seriedad, creer que es posible hacer lo que se está proponiendo «sin más ni más. Solamente una falta de información muy considerable puede llevar a esa opinión. De lo contrario todo será un juego, un cuento más o menos interesante, sin sustancia alguna, sin residuo útil, sin aspectos formativos aprovechables. Esto no es un problema de «rigor» o de «información científica propia de un científico». Es un asunto que tiene que ver con aquello que es serio con lo que no lo es. No es con una «receta» que se enfrenta una clase. No es con «conglomerados informativos» que se puede fundar una modificación estructural en Ciencias. Tal vez estemos a tiempo de revisar parte de lo ya emprendido.*



### Dr. Gabriel González

*Pregunta: ¿Cuál es el objetivo de una reforma de planes de estudio?*

Éstos son, principalmente, la adecuación de éstos a nuevas realidades del país, de los educandos, de los educadores y aun del conocimiento. En estas líneas me propongo comentar algunos aspectos de la reforma propuesta y en curso, referidos a la Física.

Toda propuesta educativa tiene como fin transmitir al alumno cultura general, haciendo posible la comprensión de algunos aspectos de la vida moderna, sobre los cuales los ciudadanos deben tener un mínimo de información para poder interpretarlos y ubicarse en relación a los mismos. Por otra parte, existe también un fin específico que se deriva de impartir conocimientos en Física, que trasciende los puntos ya enunciados, y que tiene que ver con la base de conocimientos que permitirán más adelante continuar estudios más allá del ciclo básico.

La principal novedad, en lo que tiene que ver con la enseñanza de la Física y de las ciencias en el ciclo básico, está ya planteada en los fundamentos, objetivos y orientaciones metodológicas de la reforma. Se propone, y éste es el principal cambio, una integración de los conocimientos científicos en Biología, Física y Química. Aun cuando esta integración no se produzca necesariamente en el ejercicio profesional en la vida adulta, en el más amplio significado de estas palabras, se ha elegido privilegiar una visión integradora y moderna de los conocimientos científicos en los primeros tramos de secundaria.

Creemos importante resaltar que, por ejemplo en el nivel universitario, esta visión integradora no es desarrollada sistemáticamente, manteniéndose en general la especificidad de cada área científica en los planes de estudio, y muy frecuentemente en la práctica profesional, sea ésta estrictamente técnica o científica. Sin embargo, esta intención unificadora es una opción posible en tanto el nivel y la profundidad de los conocimientos que se impartan no exija gran especificidad, tanto de las disciplinas como de los educadores.

La ciencia y la tecnología ocupan un lugar central en la vida moderna, y como todo

conocimiento, tienen un valor relacionado con el fin al cual se destina. Este fin se manifiesta en la sociedad a través de la producción de conocimientos, de bienes de consumo, y tendrá entonces por ejemplo, cierto impacto sobre el medio ambiente. Es conveniente que el alumno aprenda a reflexionar y saque sus conclusiones sobre estos temas a partir de una visión unificada del mundo científico, tal como aparecen en la realidad cotidiana. Un abordaje más profundo de éstas cuestiones exige otro tipo de conocimiento que, como ya he mencionado antes, no puede eludir la especificidad. El progreso del educando en el sistema educativo necesariamente lo llevará por esos carriles.

Presentar a la Biología, la Física y la Química como conocimientos integrados e íntimamente relacionados con las experiencias cotidianas del sujeto es ciertamente atractivo. Pero el éxito de una propuesta en este sentido dependerá, dada la realidad educativa de nuestro país, no tanto de los enunciados y las intenciones, sino de la forma en que se implemente esta enseñanza. Si hasta ahora esta unidad de conocimientos no se lleva a cabo en la enseñanza es porque, éste no es actualmente un objetivo central de la misma, pero también y fundamentalmente, porque los docentes, su formación y los medios disponibles que tienen para elaborar e impartir sus conocimientos, no tienen suficientemente explícita e integrada esta finalidad. Es éste un punto en donde deberá centrarse una gran atención. Las estadísticas sobre los docentes de enseñanza media son elocuentes: se necesita un gran esfuerzo para apoyar y facilitar a los docentes la adopción de esta propuesta. La aplicación de conocimientos de Biología, Química y Física a sistemas de gran complejidad, como son los sistemas biológicos, implica una elaboración de conocimientos muy alejado del común de los docentes, y que aun para aquellos que tengan una sólida formación docente y técnica resultará muy difícil de transmitir. Con las salvedades anteriores, es importante que en la propuesta de reforma para el ciclo básico incluya:

a) desarrollar una visión integradora del conocimiento científico, que ayude al estudiante a reconocer estos conocimientos como



útiles, familiares, en tanto permiten aproximarse a su realidad con nuevas y rigurosas herramientas para la comprensión.

b) la realización de tareas experimentales en equipo en los alumnos del Ciclo Básico, como metodología de adquisición de conocimientos. Esto permite que se realicen los diversos pasos involucrados en el método científico, en un proceso de investigación científica, desde el correcto planteamiento del problema, pasando por la formulación de hipótesis, la experimentación, hasta la generalización de resultados y presentación de los mismos.

Finalmente, en el último año del Ciclo Básico, solamente la Física y la Química aparecen integradas. Aparece aquí la propuesta de iniciar al alumno en algunos temas de la Física microscópica. Los conocimientos relacionados con la Física Moderna, la Física desarrollada principalmente en este siglo, involucran una profundidad conceptual que dificulta la trasmisión de los mismos. Una aproximación prematura a estos temas, y con docentes que no estén plenamente adaptados a las exigencias de estos conocimientos, puede derivar en dificultades y confusión del alumno.

Hasta aquí he abordado principalmente las modificaciones más relevantes en lo que respecta a Física. Hay otros aspectos que necesariamente acompañan a esta reforma, y a los cuales considero importante dedicarle atención. La viabilidad de esta reforma, su éxito, dependerá principalmente del entorno y de los estímulos que el docente disponga para llevar a cabo su tarea. La gran falta de medios materiales y de alicientes para la formación continua de los docentes, hace que el resultado dependa crucialmente de la forma en que evolucione de ahora en más la docencia, más que de los contenidos de los programas. Es necesario apoyar la tarea docente remediando las siguientes carencias:

1) la ausencia de textos guía, tanto para los alumnos como para apoyar a los docentes en su tarea, en los que los contenidos se desarrollen con la visión enunciada en los programas, unificando los conocimientos científicos de varias disciplinas. Esta particular aproximación al conocimiento científico requiere gran elaboración por parte de los

encargados de transmitirla. El plantel docente de secundaria no está en condiciones de elaborar por sí mismo esta tarea, pero este objetivo sería factible, en principio, a partir del apoyo que brinda un libro adecuado.

2) Existen experiencias similares de reforma en otros países. Estos antecedentes en diferentes países, algunos con muchos años de práctica y un grado de elaboración muy alto en este tipo de aproximación al conocimiento científico, permiten extraer no sólo experiencia, sino ejemplos para crear textos tanto para el alumno como para el profesor, bibliografía de consulta, y mecanismos de evaluación para la evolución de la reforma y la tarea docente.

Es imprescindible entonces desarrollar una política educativa que permita a los docentes adquirir la modalidad de conocimientos adecuada a los fines enunciados. Esta política, para llevar a cabo con éxito esta reforma, deberá capitalizar y contar tanto con la colaboración de la mayor parte de los agentes docentes como de las fuentes de conocimiento del país. Existe en el país suficiente capital humano como para que las tareas pendientes se puedan realizar con éxito. Esto implica contar con el valioso aporte de los profesores de secundaria, con su experiencia y compromiso para mejorar la educación.

Por otra parte, a esta altura de la historia educativa del país, resulta ineludible e impostergable plantearse la inconveniente separación que existe en este tema entre la enseñanza media y la educación terciaria. ¿Es necesario a estas alturas argumentar en este sentido? La Universidad de la República es el centro de producción de conocimientos más importante del país, y cuenta con docentes e investigadores de indudable valor en todas las disciplinas del conocimiento. En particular, en ciencias naturales y matemáticas, los últimos años han visto un crecimiento muy importante en el número y la calidad tanto de la investigación científica, como de los investigadores dedicados a ella. Es tiempo que este capital con que cuenta nuestro país tenga una activa participación en temas de la enseñanza. Es la conjunción de todos estos elementos la que potenciará el mejoramiento de la educación y la factibilidad de una reforma tan amplia como la propuesta.



*Julian Schwinger*

*"El Legado de Einstein"*

*Biblioteca*

*Scientific American.*

*Prensa Científica S.A., Barcelona, 250 páginas.*

*Traducción española de Antonio Cervera.*

"La divulgación de la ciencia debe realizarse en la forma más sencilla posible..., pero no más". Con esta frase, atribuida a Albert Einstein, comienza su prefacio el premio Nobel Julián Schwinger, marcando ya el talante con el que se escribió este libro, que surgió como apoyo a una serie de programas televisivos de divulgación científica.

Opina el autor que el exceso de simplificación termina convirtiendo las obras de divulgación científica en una serie de enunciados inconexos, sin que surja de ellos la necesidad interrelacionarlos en un cuadro general más amplio. Por el contrario, en "El legado de Einstein", Schwinger pone expreso cuidado en mantener un marcado equilibrio entre, por un lado, la rigurosidad, la fidelidad y el prudente uso del simbolismo conciso, es decir el lenguaje matemático, y por otro, la sencillez que permite una accesible comprensión, que consigue estimular al lector a profundizar más.

Es en este sentido que este libro podrá ser un buen apoyo para la labor del docente y se permanente formación en relación a temas como los que se presentan: unificación del espacio tiempo, base de las teorías especial y general de la relatividad y experimentos "en la frontera" como pruebas adicionales al trabajo de Einstein. Otro aspecto destacable de esta obra es la continua mención a lo largo de ella, de relatos sobre el lado humano de los protagonistas, atendiendo a la necesidad del lector de adentrarse en los vericuetos de la vida de los personajes, para realmente entender la sutil estructura de la creatividad del científico y la de su tiempo. Se puede considerar esta obra como ajustada a las concepciones epistemológicas contemporáneas, caracterizadas por la relevancia dada a la vinculación entre una teoría y el contexto histórico en el que aparece, lo cual se hace evidente en el caso del físico alemán. En todo momento el lector reconocerá el mensaje que el autor quiere dar acerca de que la ciencia es una actividad humana y que "quienes la realizan comparen las mismas grandezas y miserias que el resto de los mortales", como dice el autor en el libro. Este aspecto, que Schwinger transmite, queda de manifiesto en algunos párrafos que se incluyen en el último capítulo, correspondiente a un comentario hecho por Einstein, luego del eclipse de 1919, que marcó el triunfo de la relatividad general. En él se refleja la convicción de una necesaria humildad frente a los logros científicos:

"La condición de físico teórico es poco envidiable, porque la naturaleza, o más concretamente la experi-



## RECOMENDACIONES BIBLIOGRAFICAS

mentación, resulta ser un juez inexorable de su trabajo. Y además un juez poco amistoso. Nunca da un "sí" inequívoco a una teoría. En los casos más favorables dice "quizá"; en el resto, que es la gran mayoría, responde con un lacónico "no". Si un experimento está de acuerdo con una teoría, ésta recibe un "quizá"; si el experimento no está de acuerdo significa "no"; la mayoría de ellas, apenas acabadas de concebir".

*Por Marianella Maxera.*

*Nosotros y la Ciencia.  
Una introducción  
a la Filosofía de  
la Ciencia uruguaya.*

*Ana María Tomeo.*

*Editorial Latina, 175 pág.  
Distribuye Gussi*

"Nosotros y la Ciencia" por Ana María Tomeo La Ciencia no es Nuestra.

"Las grandes decisiones hoy están en manos de los técnicos", ..que son los representantes de las ciencias frente al hombre de la calle, cuya opinión.... no cuenta. Esta es una forma de evadir responsabilidades, porque las decisiones que toma un técnico, basado en sus conocimientos, obviamente tienen una base teórica, responden a presupuestos epistemológicos y metafísicos implícitos, más aún, tienen componentes ideológicos: las ciencias no son neutras".

De esta manera Ana María Tomeo, licenciada en Filosofía en la Universidad de Lovaina, autora del libro "Nosotros y la Ciencia", intenta explicar la importancia de conocer el origen, las bases, y las limitaciones del conocimiento científico. La Ciencia, o las Ciencias, como le gusta recalcar a Tomeo, son un producto de nuestra cultura y como tal está permeado de nuestra concepción del hombre, el mundo, la sociedad, como a su vez éstos cambian con el desarrollo de la ciencia.

Por eso estamos todos involucrados. El libro está escrito pretendiendo satisfacer una necesidad del curso de Filosofía del segundo año del Bachillerato Diversificado, es decir, para profesores y alumnos de dicho curso, y también para los profesores de ciencias, para quienes escribe un capítulo acerca de Lakatos. Este autor fue excluido del programa de filosofía, "acertada y sabiamente" dice Tomeo, "es un autor difícil, creo que incomprensible a ese nivel", pero es importante para los profesores de ciencias, especialmente teniendo en cuenta que muchas de las didácticas contemporáneas de las ciencias naturales suelen inspirarse en ese autor.

Aún así la presentación es adecuada, accesible y útil para todo aquel que tenga interés en el tema del conocimiento científico. Es una excelente introducción, que permite abordar la lectura de otros textos con mayor com-



prensión del contexto. Redactado con sencillez y claridad, expone y describe la evolución de conceptos, destacando los autores que marcaron rumbos, Bacon, Descartes, los integrantes del círculo de Viena, Popper, Kuhn, Lakatos y con la intención de mostrar la crítica a toda definición rígida de la ciencia o el método científico, a Feyerabend.

Su experiencia docente se percibe en la lectura del texto, por la forma que menciona y aclara las partes oscuras, las dudas que normalmente surgen a los que se inician en el tema, por ejemplo el origen de las diferentes acepciones de la palabra epistemología, y por su selección precisa de citas que muestran claramente la relevancia de los trabajos realizados por los distintos autores.

Aunque de lectura ágil, a veces hay un abuso de siglas, FC por Filosofía de la Ciencia, CV por Círculo de Viena, PI por Programa de Investigación, P por paradigma, RR por... y así muchas más, que frenan al lector. Por más que se hayan definido la primera vez que se usa el término, son fáciles de olvidar, lo que obliga a buscar hacia atrás para recordar.

También llama la intención la inclusión, sin fundamentos, de algunas opciones personales de la autora como al referirse a la meta del conocimiento. Se plantea, con todo derecho, si no debiéramos acaso cuestionar la idea aristotélica de la búsqueda del conocimiento por el conocimiento mismo, porque, según dice la autora, esto puede ser peligroso. Afirmación que no está demostrada. Sólo dice "un pequeño grupo de buscadores de conocimiento no puede decidir la vida de los demás" y agrega: "debe trabajar con una meta, ya sea la mayor felicidad del género humano, elevar su forma de vida espiritual y/o material, comprender y explicar las relaciones...", sin justificar por qué y quién decide que "deben trabajar con una meta".

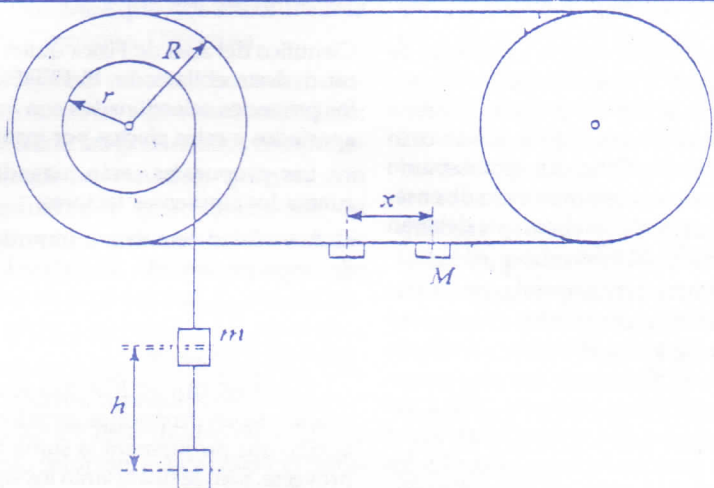
En el capítulo de Feyerabend también se encuentran afirmaciones no justificadas, como el uso reiterado del concepto de "lavado de cerebro" al referirse a la educación científica como si éste fuera un hecho cierto y reconocido, y no la posición del autor en discusión. Aunque Tomeo explica que por falta de espacio no puede comentar las críticas que recibió el anarquismo epistemológico de Feyerabend, se nota la falta de las mismas. Pero hay mucho bueno, que disculpa las ausencias, y fundamentalmente es un texto bien organizado, que será de gran utilidad a docentes y alumnos, y de interés para aquellos que interesados en el tema necesitan una guía para encarar a los diferentes filósofos de la ciencia a través de la historia.

*Por Patricia Linn.*



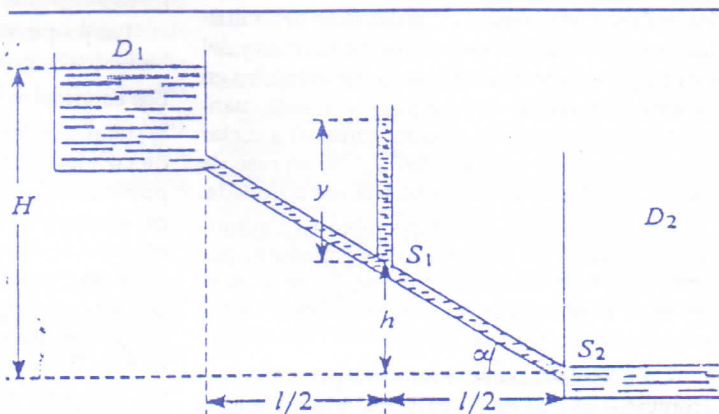
## RESOLUCION DE PROBLEMAS

Los problemas que siguen fueron extraídos del libro "LA FISICA EN PROBLEMAS" de Félix A. González, Editorial TEBAR FLORES, Madrid 1995.



1) Dos poleas idénticas, de radio  $R$ , que se supondrán sin rozamiento, están ligadas por un hilo flexible y sin peso. Un cuerpo de masa  $M = 10 \text{ kg}$  es arrastrado por el tramo inferior, de forma que se desplaza horizontalmente cuando el dispositivo es puesto en marcha por una pesa,  $m = 0,5 \text{ kg}$  suspendida de un hilo sin masa, enrollado en el eje de la polea izquierda. El radio del eje vale  $r = R/10$  y el momento de inercia se calculará asimilando las poleas a discos homogéneos de masa  $M' = 954 \text{ gr}$  y radio  $R = 30 \text{ cm}$ . Calcular la velocidad de traslación de  $M$  y el tiempo que tardará en recorrer una distancia  $l = 30 \text{ cm}$ .

2) Se tienen dos depósitos  $D_1$  y  $D_2$  a distinta altura comunicados por una tubería inclinada un ángulo  $\alpha$  con respecto a la horizontal. Calcular las velocidades del líquido en las secciones  $S_1$  y  $S_2$ . Hallar la altura que alcanzaría el agua en un capilar colocado en  $S_1$ .



Datos:  $S_1, S_2, H, l, \alpha$



## Programa de difusión de la Física en la Enseñanza Media

Se llama a un concurso abierto a docentes de enseñanza media para la presentación de proyectos destinados a introducir e ilustrar fenómenos de la Física moderna en clases de segundo ciclo de enseñanza secundaria. El llamado estará abierto a docentes de Física en el segundo ciclo de enseñanza secundaria en liceos públicos que deberán acreditar su condición de tales.

El proyecto deberá contener una propuesta innovadora para la introducción a los alumnos, en el marco de los programas vigentes o de clases complementarias, de alguno de los fenómenos físicos de la llamada Física moderna (Física del siglo XX). A modo de ejemplo se mencionan: Física Cuántica, Física de semiconductores, superfluidez o superconductividad, óptica coherente, fenómenos no lineales, nuevos materiales, etc.

La propuesta deberá tener el formato de una clase o de un conjunto de clases que incluyan preferentemente demostraciones experimentales de los fenómenos ilustrados en lo posible con participación de los alumnos.

Se deberá presentar una descripción detallada de la propuesta bajo la forma de un "manual del profesor". Este incluirá un texto con la explicación teórica y las figuras que acompañaran la o las demostraciones experimentales y una descripción del montaje experimental y de las etapas del, o de los experimentos que se propone realizar. La presentación deberá incluir mención de las aplicaciones tecnológicas del fenómeno ilustrado, de su impacto sobre la vida cotidiana y del estado de avance de la investigación científica en el tema. Los proponentes explicitarán ante cuantos grupos y alumnos se comprometen a dictar las clases proyectadas en 1997 y 1998 en caso de que la correspondiente propuesta sea aprobada.

Los proponentes se comprometerán a autorizar la difusión de las propuestas ganadoras por parte del PEDECIBA quien por su parte se compromete a hacer mención expresa del o de los autores de las mismas.

Las propuestas serán evaluadas por el Consejo Científico del área de Física quien definirá la o las propuestas ganadoras siendo el fallo de este Consejo inapelable. En este primer llamado se aspira a apoyar 5 proyectos. Sin embargo, el número de proyectos a aprobarse queda a criterio del Consejo

Científico del área de Física quien podrá considerar desierto el llamado. El PEDECIBA financiará los proyectos seleccionados con fondos propios o aportados a estos efectos por instituciones.<sup>1</sup>

Las propuestas serán juzgadas teniendo en cuenta los siguientes factores:

a) Actualidad temática e importancia científica del tema presentado. b) Calidad didáctica de la propuesta. c) Antecedentes de los docentes proponentes d) Cantidad de grupos y alumnos que asistirán a las clases.

El PEDECIBA-FISICA financiará la puesta en práctica de las propuestas ganadoras mediante un auxilio que no superará la suma de U\$ 2.000 por proyecto. Sólo se financiarán los siguientes rubros:

a) compra de textos y confección de material didáctico directamente relacionados con el tema. b) Instrumental para la realización de los experimentos. c) Insumos necesarios para el dictado de las clases por parte de un docente proponente durante un año lectivo. d) Pago de servicios de terceros necesarios para la construcción del montaje experimental. Los equipos adquiridos con estos fondos serán donados en cada caso a un liceo público a propuesta de los proponentes del proyecto, siempre que la dirección de dicho liceo garantice la disponibilidad de los mismos para la realización práctica del proyecto correspondiente. Los gastos deberán efectuarse de acuerdo a los procedimientos habituales del PEDECIBA.

Las propuestas podrán ser presentadas a título individual o grupos de no más de tres docentes.

Los candidatos interesados deberán presentar:

a) sus antecedentes académicos. b) Constancia de dictar clases en el segundo ciclo de un liceo público. c) Aval de la dirección del liceo correspondiente para la puesta en práctica del proyecto en caso de resultar seleccionado. d) Descripción de la propuesta en la forma anteriormente mencionada. e) Programa de presentación de las clases proyectadas ante alumnos en el próximo año lectivo. f) Previsión de gastos. g) Cotizaciones de los equipos a adquirir.

Para presentación de las propuestas o para solicitar información dirigirse a: Secretaría del PEDECIBA-Física, Facultad de Ciencias, Tristán Narvaja 1674. Tel: 418005 int. 110



## Dos años en positivo

Nos resulta extremadamente escribir sobre estos casi dos años que nos encontramos al frente de la Comisión Directiva.

En aquella lejana y cercana época de nuestras primeras reuniones algo nos quedó claro, que debíamos darle las gracias a los compañeros de las directivas pasadas, quienes con muchísimo esfuerzo y gran dedicación de horas, nos dejaron una infraestructura montada, habiendo realizado un muy engorroso trámite frente al Consejo de Educación Secundaria, que nos permitió poder contar con el dinero necesario para llevar adelante las ideas. También nos dejaron un equipo de computación, con el que en este momento estamos escribiendo este informe, el cual nos permitió además dedicarnos a otras tareas que fueron en beneficio de los asociados.

En una ocasión como ésta se presentan una serie de sensaciones y sentimientos encontrados, una sensación de confusión por la cantidad de cosas que nos gustaría transmitir en estas líneas, y un sentimiento de tristeza por dejar algo que realmente nos encanta y que creemos haberlo cumplido correctamente. También sentimos alegría por todo lo que sí hicimos en este tiempo, y que más adelante detallaremos.

Nos fijamos metas que hemos cumplido, algunas en forma más afortunada que otras, lo que será en parte, nuestro legado a las próximas Comisiones Directivas de nuestra asociación. Nos gustaría ahora realizar un pequeño comentario de las actividades que se han realizado, que no dudamos sean perfectibles y en las que hemos depositado toda nuestra capacidad de trabajo.

### El Registro

Una de nuestras misiones autoimpuestas fue la de mejorar el registro social de dos maneras, ordenar el archivo en papel y electrónicamente y para ello fue imprescindible la computadora comprada sobre el final de la directiva anterior, mejorar y actualizar los socios que hacían, o mejor dicho que no hacían

su correspondiente aporte social y afiliar nuevos asociados lo que era realmente necesario para llegar a otros logros.

Y fue así que siempre dimos la chance de reinscribirse sin tener que abonar las cuotas atrasadas, o que aquellos socios nuevos no tuviesen que pagar 3 o 4 cuotas juntas. Nuestra idea era apoyar a todos aquellos que se quisieran integrar a nuestra asociación. Por lo tanto, podemos decir ahora con satisfacción, que hemos aumentado el número de asociados que aportan directamente a través de Enseñanza Secundaria, de 280 a 389, que es lo que cobramos en la actualidad, más 8 socios que depositan directamente en la oficina de COFAC, o que vienen a pagar aquí a nuestro local.

En el debe nos quedó incluso un trámite frente a las oficinas de Enseñanza Técnica Profesional, más que nada por razones burocráticas, ya que presentamos el pedido, lo aceptaron, llevamos las listas mes a mes (ya lo hicimos por cuatro meses), y aún no pudimos hacer efectivo un cobro de tan sólo diez personas.

### El Local

Esto fue otra de nuestras inquietudes llevadas a cabo, ya que resultaba extremadamente incómodo tener las cosas en nuestro domicilio particular, y desde allí hacer las reuniones, o enviar las cosas por correo. Esto nos decidió a llevar a cabo tratativas con dos asociaciones afines, las de Biología y Química, y arrendar en conjunto, y por dos años inicialmente, la oficina que en estos momentos estamos ocupando, y que por la propia mecánica al principio costó un poco ponerla en funcionamiento. En estos momentos una funcionaria cumple horario desde las 14 a 18 horas y puede aclararle a los socios cualquier duda o comunicarlos con algunos de nosotros.

Queda por otra parte la intención de mejorar el local y dotarlo de una buena biblioteca y hemeroteca, conexión con internet y correo electrónico, scanner, fotocopidora y quien sabe cuantas cosas más.



### El Panel

Frente a grandes inquietudes sobre los nuevos planes piloto y la inserción de Física en ellos, llevamos a cabo un panel informativo, que tuvo muchas idas y venidas por razones ajenas a nuestra voluntad, pero que al final se desarrolló con un éxito importante de asistentes. Es una buena oportunidad para agradecer a los disertantes, profesores Claudia Nielsen, Graciela Scavone y Mario Guerra.

### La Revista

En este momento están leyendo el cuarto número de una publicación que deseamos mantener y mejorar, y que nos ha servido de tarjeta de presentación en entrevistas realizadas tanto en organismos públicos como privados. Agradecemos a todos aquellos que han colaborado con sus ediciones, acercándonos sus trabajos para que sean publicados, y en todas las infinitas tareas de corrección y diagramación que cada número implica. Debemos mejorar la distribución, para evitar pérdidas de ejemplares.

### Los encuentros

Hemos decidido al principio de nuestro mandato, tratar de aumentar el número de encuentros y llevarlos en lo posible al interior. De esta forma fue posible tener una oportunidad para encontrarnos con nuestros colegas y amigos, no sólo en un taller, sino también para compartir momentos de reflexión y de esparcimiento. Creemos realmente que los encuentros realizados fueron exitosos.

### V Encuentro Nacional de Profesores de Física

Este encuentro fue realizado en el parque 17 de Febrero, en el Departamento de Colonia, en un hermosísimo lugar con una sorprendente asistencia de 120 personas. Agradecemos aquí a quienes nos ayudaron a organizarlo: Zoraida Viera, Mariana Castelnoble y Marcelo Berruti, y especialmente también a

los profesores: Claudia Nielsen, Marisa Morales, Pablo García, Mario Guerra, Carlos Zamalvide, Amadeo Sosa y al Decano de la Facultad de Ingeniería Ing. Rafael Guarga.

### II Encuentro Regional

Este encuentro tuvo lugar en el Liceo N°1 de Melo, en Cerro Largo, y fue organizado conjuntamente con el Coordinador Regional Prof. Humberto Martínez. Al mismo asistieron 60 personas de diferentes puntos del país, en un clima realmente confortable. Gracias entonces al Prof. Humberto Martínez y a los profesores melenses que colaboraron con él haciéndolo posible, y a los profesores Julia Leymoníe, Zoraida Viera, Amadeo Sosa, Ismael Núñez, Mario Guerra y Julio Blanco que llevaron hasta allí sus trabajos.

### VI encuentro Nacional y III Internacional

En La Paloma, Rocha, con un rotundo éxito, se reunieron 135 personas. También en este caso debemos agradecer:

- A la Comisión Organizadora: Sirles Sos Zoraida Viera, Mariana Castelnoble y Gustavo González y muy especialmente profesor Mario Rodríguez.
- a quienes realizaron los talleres: los profesores argentinos, Adriana Fernández Carlos Tarasconi que vinieron desde R Cuarto, Córdoba.
- y a Juan Carlos Yeanplong, Juan Dian Pablo García, Lucía Terra, Juan Pablo Forcheri, Alejandro Villamil y Amadeo Sosa y al Dr. Gabriel González.
- a los conferencistas: el Dr. Rodolfo Gambir el Dr. Ramón Méndez, el Prof. Rubén Yáñez y el Prof. Mario Guerra, quienes jerarquizaron el encuentro con su presencia y sus brillantes trabajos.

Finalmente gracias a todos. Sólo resta despedirnos y desearle a la próxima Comisión Directiva mucho éxito en su gestión, quedando a sus órdenes para apoyarlos y ayudarlos siempre que lo crean necesario. Felices Fiestas y hasta Pronto.

*Comisión Directiva.*





**EDUCACION  
EN FISICA**  
Volumen 2 N° 4  
Diciembre de 1996  
Depósito Legal:  
299222/96

**Redactores Responsables**

Julia Leymonié  
Mariana Castelnoble

**Equipo de Redacción**

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

**Consultores de Redacción**

Mario Guerra  
Sara Viñas  
Eduardo Fiore  
Juan C. Yanplong  
Margarita Luaces  
Alicia Acland

**FE DE ERRATAS**

p. 7    donde dice: Novelli  
         debe decir: Rovelli

p.44    donde dice: Pregunta:  
         ¿Cuál es el objetivo...  
         debe decir solamente:  
         ¿Cuál es el objetivo...

**Dirección de la Revista**  
18 de Julio 1953 Piso 7 Of.26  
C.P. 11200 Montevideo  
Telefax. 48 68 02



**Portada**  
María L. Garcimartín  
Luis Garcimartín

**Publica:** Ediciones IDEAS  
Mercedes 1786  
Telefax. 48 69 85  
11200 Montevideo-Uruguay

## Indice

**Prensa** ..... 2

**Tema Central**

Primer Congreso de  
Gravedad Cuántica  
en Punta del Este ..... 3

**Físicos uruguayos**

Ramón Méndez Galain ..... 16

**Física y otras Ciencias**

Vida y Cosmos ..... 20

**Enseñanza de la Física** ..... 34

Una lección de Pedagogía  
El papel de la Física en el  
nuevo Plan Piloto

**Recomendaciones bibliográficas** ..... 46

**Resolución de Problemas** ..... 48

**Informaciones** ..... 49

**Espacio de APFU** ..... 50



# C & T

## CIENCIA & TECNOLOGIA

*Club de ciencias  
Material reglamentario  
Robótica, Proyectos especiales  
Asesoría a la gestión institucional  
Enseñanza aplicada por medios informáticos*

Solicite nuestra visita por el 56 59 12

Telefax: 56 59 12    Magenta 4041, 11400 Montevideo

EDICIONES



Mercedes 1786  
Telefax: 48 69 85  
11200 Montevideo

*El apoyo a los autores  
nacionales es un punto  
fuerte en nuestros  
planes editoriales.*

Compartamos inquietudes.



**18 de Julio 1953 Piso 7 Oficina 26**  
**Montevideo - Uruguay**