EXACTA mente

AÑO 7 · Nº 17 · $ 3 · MAYO DE 2000

ISSN 1514-920X

Actualidad en ciencia y tecnología

Debaten:

Dante Caputo

Juan Carlos Del Bello

Luis Quesada

Mario Albornoz

Entrevista

Patricio Garrahan

Propuesta para el CONICET

Opina:

Pablo Jacovkis

Tecnología

Omnibus ecológicos

Panorama

Alimentos transgénicos

Revista de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales · UBA

Olimpíada **Argentina** *de Química*

Un Programa de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Auspicia el Ministerio de Educación de la Nación

La OAQ tiene por objetivo el mejoramiento de la calidad de la enseñanza de las Ciencias Químicas en el nivel medio y consta de los siguientes Proyectos:

* **Proyecto Certámenes:** 3 niveles de participación para alumnos del nivel medio en instancias colegiales, intercolegiales, zonales y nacional. Participación internacional en la Olimpíada Internacional de Química y en la Olimpíada Iberoamericana de Química con equipos formados por los alumnos más destacados del país, entrenados por docentes-investigadores de la FCEN.

* **Proyecto Cursos de Capacitación**, para docentes del nivel medio de todo el país, dictados en la FCEN durante el mes de Julio.

* **Proyecto "El Laboratorio va a la escuela"**,.que consiste en la entrega de material de laboratorio y guías de trabajos prácticos a escuelas carentes de infraestructura para realizar experiencias en química.

¡¡Ya se encuentra en marcha la X OAQ 2000!!
Están todos invitados a participar

Información e inscripciones:

Programa Olimpíada Argentina de Química
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Pabellón 2, Ciudad Universitaria
(At. Dr. Jorge Bruno, Dpto. QIAyQF)
C1428EHA Capital Federal

TE: 4576-3378/80 Interno 124
FAX: 4576-3351
E-Mail: oaq@qi.fcen.uba.ar

Consejo Editorial

Presidente
Dr. Pablo Jacovkis

Vocales
Dr. Manuel Sadosky
Dr. Gregorio Klimovsky
Dr. Eduardo F. Recondo
Dr. Alberto Kornblihtt
Dr. Juan M. Castagnino
Dra. Celia Dibar
Dr. Ernesto Calvo

Staff

Directores
Ricardo Cabrera
Guillermo Durán

Jefe de Redacción
Fernando Ritacco

Coordinador General
Armando Doria

Diseño Gráfico
Santiago Erausquin

Fotografía
Juan Pablo Vittori
Paula Bassi

Colaboradores permanentes
Guillermo Mattei
Susana Gallardo
Guillermo Gimenez de Castro
Pablo Coll
Gustavo Piñeiro
Simón Tagtachián

Colaboran en este número
Armando Parodi
Ileana Lotersztain
Rosa Nagel
Doris Barbiric
Ricardo Pasquali

Impresión
Centro de Copiado "La Copia" S.R.L.
Ciudad Universitaria. Pabellón II
Planta Baja, C1428EHA Capital Federal
Tel.: 4788-9570

EXACTAmente es propiedad de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA
ISSN 1514-920X
Registro de propiedad intelectual: 28199

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Secretaría de Extensión Universitaria. Con la colaboración del Centro de Divulgación Científica y Técnica (CyT) de la FCEyN. Pabellón II, Ciudad Universitaria.
C1428 EHA Capital Federal
Tel.: 4576-3300 al 09, int. 464,
4576-3337, fax: 4576-3351.
E-mail:revista@de.fcen.uba.ar
Página web de FCEyN:
http://www.fcen.uba.ar

Los artículos firmados son de exclusiva responsabilidad de sus autores. Se permite su reproducción total o parcial siempre que se cite la fuente.

Editorial

El pasado 7 de mayo los porteños elegimos por segunda vez en nuestra historia a las autoridades que gobernarán la Ciudad de Buenos Aires. La victoria correspondió a la fórmula de la Alianza, integrada por Aníbal Ibarra y Cecilia Felgueras, dos jóvenes políticos que centraron sus propuestas en tres pilares considerados esenciales por la gran mayoría de la ciudadanía: mejor educación, mayor empleo y más seguridad.

Uno de los datos relevantes que surgen a partir de esta elección es la constitución de una Legislatura que aparece como la más plural de todo el país. Una muestra de ello es que alrededor del 10 por ciento de las bancas le ha correspondido a sectores vinculados con la izquierda.

El funcionamiento cotidiano de este cuerpo demostrará en los hechos si esta composición heterogénea afecta a la gobernabilidad o, como esperamos, la consolida definitivamente.

Así como la victoria de Ibarra ha servido como un espaldarazo para el gobierno nacional, los anuncios sobre nuevos ajustes empiezan a generar descontento y disconformidad incluso en sectores cercanos a la Alianza.

El déficit fiscal cero como meta en sí misma y a cualquier costo, tal como anunciaron algunos conspicuos miembros del gabinete, es una medida que no deja de preocuparnos. Sobre todo si existe la posibilidad de que sea hecho sobre la base, entre otras cosas, de reducciones salariales a todos los empleados estatales.

También nos parece alarmante el corte de los créditos ya otorgados por organismos internacionales para el mejoramiento de la calidad universitaria, créditos que, en el caso de nuestra Facultad, han servido (y aún sirven) para renovar nuestro equipamiento, para consolidar la formación de nuestros docentes a través de pasantías en el exterior y para invitar por períodos cortos a prestigiosos investigadores extranjeros.

El mensaje que transmiten estas medidas es muy claro: si se necesita dinero hay que volver a sacrificar a los asalariados y a la educación. La mayor parte de la sociedad lo recibe con desencanto e irritación.

Los directores

Sumario

DEBATE
Políticas científicas.....4

OPINIÓN
En busca de la calidad
por Pablo Jacovkis.....10

HISTORIA
El Premio Nobel
por Ileana Lotersztain.....13

TECNOLOGÍA
Omnibus ecológicos
por Susana Gallardo.....16

NÓBELES
El premio de Medicina 1999
por Armando Parodi.....20

ENTREVISTA
Patricio Garrahan
por Armando Doria.....22

BIBLIOTECA
Novedades editoriales.....26

CORREO.....27

PANORAMA
Alimentos transgénicos
por Fernando Ritacco.....28

DIVULGACIÓN
Teoría de la evolución
por Rosa Nagel.....30

MICROSCOPIO
Grageas de ciencia.....34

PUTURO
Nanotubos
por Doris Barbiric.....36

MINUTAS
por Ricardo Cabrera.....39

PSEUDOCIENCIA
El helicóptero del faraón
por G. G. de Castro.....40

JUEGOS
por Pablo Coll
y Gustavo Piñeiro.....42

Actualidad en ciencia y tecnología

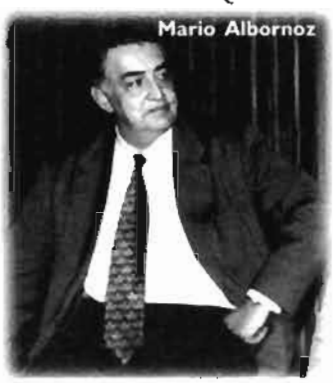
Al *rojo* vivo

Dante Caputo

Juan Carlos Del Bello

Como no había sucedido en mucho tiempo, los medios de comunicación tomaron como un tema central el debate en torno a las políticas que debe llevar adelante el Estado en materia de ciencia y tecnología. Con el objeto de posibilitar un diagnóstico y una evaluación sobre las políticas que se están llevando adelante en la materia, EXACTAmente convocó al actual responsable de la Secretaría para la Tecnología, la Ciencia y la Innovación Productiva, licenciado Dante Caputo; al licenciado Juan Carlos Del Bello, quien desempeñó esa tarea en el gobierno anterior; al doctor Luis Quesada-Allué, profesor de nuestra Facultad y vicepresidente de la Fundación Campomar; y al profesor Mario Albornoz, investigador del CONICET y director del Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes.

Luis Quesada-Allué


Mario Albornoz

1

¿Qué cambios se pueden ver en la gestión de Ciencia y Tecnología respecto al gobierno anterior? ¿Cómo evalúa los primeros meses de la actual gestión?

Dante Caputo: Hay dos maneras de ver el debilitamiento del sistema científico técnico en la Argentina. Una es cuantitativa; allí, por ejemplo, la Argentina está apenas un poco más abajo de lo que invierte Brasil en términos de PBI y está sensiblemente por debajo de lo que invierte Chile. Desde un punto de vista cualitativo, el problema básico que nosotros enfrentamos es que nuestra producción científica y nuestra generación tecnológica han estado mayormente desvinculados de los procesos productivos y de innovación tecnológica.

Producir un cambio en el tamaño de la inversión en el campo de la ciencia y la tecnología requiere un conjunto de esfuerzos complejos, porque todos conocemos la situación general que vive el país, particularmente su sector público. Dado que este tema excede un análisis estrictamente presupuestario y hace a una estrategia central de gobierno, es que el Presidente decidió la creación de un Comité Interministerial, que coor-

dina esta Secretaría y que se desarrolla en el ámbito de la Jefatura de Gabinete. Este grupo tiene cinco temas básicos en su agenda: la creación de un fondo para el financiamiento de la ciencia; el análisis de las organizaciones institucionales que deben acompañar el salto en la inversión; las prioridades principales hacia donde deben orientarse los nuevos recursos que obtengamos; el sistema de evaluación que se aplicará para una correcta asignación y optimización de estos recursos; y el estrecho vínculo que debe existir entre el sistema universitario, la docencia y la investigación.

Hacia las primeras semanas de junio, aproximadamente, el grupo de trabajo elevará a consideración del Presidente sus conclusiones y en los dos meses siguientes se producirán los desarrollos operativos para llevar adelante este plan de trabajo. Si nosotros no atacamos este problema central seguiremos en un contexto de penurias, donde podremos resolver puntualmente algunas cuestiones de déficit coyunturales pero no lograremos pegar el salto que no sólo el sistema científico se merece sino que, sobre todo, la Argentina necesita. Un país como el nuestro requiere esa inversión si quiere aumentar el bienestar de la población y si quiere mejorar su capacidad competitiva en el mundo. Para ello precisamos un desarrollo del sistema científico tecnológico, no ya como un dato marginal a nuestro crecimiento y al bienestar de los argentinos, sino como un dato central. La Secretaría entiende que ésta es su apuesta esencial, además, por supuesto, de atacar un conjunto de cuestiones en el año 2000 que requieren soluciones específicas. Son dos caminos distintos, uno, el camino de las urgencias que comprende iniciativas específicas para resolver las cuestiones que hemos recibido de la gestión anterior; otro, quizás el más difícil, lo constituye esta apuesta estratégica que he descripto y que a mi criterio es fundamental.

Juan Carlos Del Bello: No considero conveniente hacer en estos momentos un balance de la gestión del nuevo gobierno, dado que fui responsable del área durante los últimos 3 años y medio, y mis opiniones podrían malinterpretarse. De todos modos el lector puede inferir alguna apreciación a partir de mis puntos de vista sobre las otras preguntas.

Luis Quesada-Allué: Los cambios han sido mínimos y -sobre todo- poco visibles para la mayoría de la comunidad científica. Lo que ha predominado en los primeros 4 meses es el continuismo del gobierno anterior representado por la permanencia de una parte importante de los funcionarios que éste nombró. Los casos más notorios son el Directorio del Conicet (cuya renuncia hubiera sido dable esperar para facilitarle al nuevo Presidente su gestión) y la Agencia. La característica más notoria de la gestión del doctor Caputo ha sido la falta de voluntad comunicativa, precisión y velocidad para aclarar la postura del gobierno, en general, y de su Secretaría, en particular, hacia la ciencia, ante la incertidumbre suscitada por: (a) el cambio de nombre para la Secretaría, que sugiere una relegación de la ciencia. (b) El descenso de nivel, luego corregido, de la Oficina de CyT; esto fue causa de la renuncia de su nominado director, Mario Albornoz. (c) El presunto uso de fondos de CyT para el proyecto de «Sociedad de la Información», luego desmentido.(d) La falta de formulación de una política de CyT, más allá de la declarada intención de conseguir mayor financiación. El principal saldo positivo conocido de la gestión ha sido la formación de una comisión interministerial especial para tratar la problemática de CyT y buscar la forma de aumentar el presupuesto.

Mario Albornoz: He expresado públicamente mi desacuerdo con los primeros meses de la nueva gestión en ciencia y tecnología. En muchos aspectos centrales el rumbo seguido difiere de la propuesta que hizo la Alianza antes de las elecciones. También difiere en el estilo, ya que tanto en el IPA como en la Fundación Auyero se abrieron canales de participación que hasta ahora no existen en la Secretaría. Sin embargo, la mayor dificultad para contestar la pregunta radica en la inacción y el indefinido perfil que va adoptando, más allá de la curiosa cuestión de contraponer internet y ciencia, si bien hasta ahora en el plano retórico. Lo llamativo es que, más allá del discurso, se ven pocos cambios significativos con respecto a la gestión anterior. En el plano institucional no hay novedades de importancia. Se decidió continuar con la Agencia, que era uno de los puntos de mayor controversia, y en el CONICET se optó por un recambio en la Presidencia, manteniendo la continuidad del anterior directorio. Si uno entra en la página web de la Secretaría, hasta ahora sigue figurando el Plan Plurianual, pese a algunas declaraciones en las que se anunció que habría nuevas prioridades. El cambio de jurisdicción de la Secretaría y de la CNEA es tan superestructural que hasta ahora sus efectos pertenecen más al nivel de lo simbólico. El nuevo nombre

de la Secretaría es un gesto inútilmente irritante para muchos, que no ha sido acompañado de una explicación adecuada y en la práctica ha tenido pocos efectos. La prioridad por la tecnología es hasta ahora solamente declarativa. La nota predominante es la inercia. Sinceramente, deseo que se reflexione sobre todo esto y que el gobierno de la Alianza no pierda la oportunidad de dar un papel relevante a la ciencia en el esfuerzo por construir un país mejor.

2

¿Cuánto debe invertir la Argentina en CyT? ¿Cómo se logra? ¿Cómo se justifica socialmente un aumento en la inversión en ciencia y tecnología?

D.C.: Si se mira la ciencia como un elemento marginal en una sociedad termina inexorablemente postergándose la inversión y se la considera no urgente, casi un lujo para un país que está exigido por un conjunto de demandas muy urgentes. Si, por el contrario, se ve al desarrollo científico tecnológico, a la sociedad del conocimiento, a esta nueva economía, como cuestiones centrales para el despegue de la producción argentina y del bienestar de sus habitantes, la justificación social de la inversión es automática. Sin embargo, para llegar a que se produzca hay que tener un tamaño de inversión y de producción tecnológica significativas y una efectiva incorporación de tecnología a la producción. Caso contrario, si esto no se produce, si esa masa crítica no se genera, nunca pasaremos el umbral a partir del cual la sociedad percibe como necesaria a la ciencia y la tecnología. Si la sociedad no percibe a la ciencia como necesaria, la demanda no es considerada esencial, es vista más como un dato marginal que como un dato central.

I.C.D.B: Argentina debe invertir como mínimo un monto equivalente al 1% del PBI. Si tenemos en cuenta el bajo nivel de inversión actual y la meta precitada, suponiendo que el país creciera a una tasa acumulativa anual del 4% en los próximos 5 años, luego, la inversión objetivo en CyT sería del orden de los 3.580 millones de pesos. Si además se considera conveniente el alineamiento con la situación de los países desarrollados, ello significaría una participación de la inversión privada en el total en torno al 50%. La meta del 1% del PBI implica que: (1) la inversión privada debe cuadruplicarse respecto al nivel actual; (2) la inversión pública nacional debe aumentar en un 50%, y (3) la inversión pública provincial (incluye el gobierno de la ciudad de Buenos Aires) debe más que quintuplicarse.

Esto se logra con: (a) consolidar y perfeccionar la apertura de la economía; (b) una política activa de promoción y estímulo al sector privado, concretamente fortalecer el FONTAR con mayores recursos para otorgar subvenciones (*matching grant*), créditos concesionales e incentivos fiscales; (b) un aumento orientado del presupuesto nacional que incluya la desregulación de los organismos estatales de CyT –tratarlos como entes públicos no estatales, o sea no regidos por el derecho público sino por el privado, de manera semejante a la reforma neocelandesa-, y que presupuestariamente se contemple un aumento automático del aporte estatal equivalente a los recursos propios que generen los organismos por la prestación de servicios científicos y tecnológicos a terceros; (c) comprometer un aumento presupuestario automático equivalente al incremento que las provincias y la ciudad de Bs.As. estén dispuestas a realizar; (d) idem anterior, a los presupuestos para Investigación y Desarrollo que determinen las facultades de las universidades nacionales. La justificación es intrínseca a la estrategia: el que haga un esfuerzo será premiado con mayor presupuesto.

L.Q.A.: La única posibilidad que tiene Argentina de revertir la tendencia hacia el subdesarrollo en lo científico y tecnológico y –por tanto– como país, es elevar progresivamente el presupuesto de CyT, llevándolo en seis años del actual, 0.36% al 1,0% del PBI. Esto frenaría la caída relativa y sentaría las bases necesarias para diagramar un despegue, para lo cual se requeriría en los 5 años siguientes alcanzar el 1,5% del PBI. De esa manera, en 11-12 años, al igual que sucedió en España desde el 76 al 90, se podría construir la cadena completa de creación, transferencia e implementación práctica de conocimientos que contribuya a un desarrollo productivo real e independiente. Socialmente la gente acepta que se destine gran parte del PBI al pago de la deuda externa y a gastos improductivos, por lo que no

habría ningún problema con el gasto en CyT si -además- se implementa una buena política educativa que explique este gasto como una política de Estado, imprescindible para mejorar a mediano y largo plazo.

M.A.: Depende del proyecto de país al que aspiremos y del papel que se asigne en él a la ciencia y a la tecnología. Sobre esto no quiero abundar demasiado. Lo he explicado muchas veces y las cifras –propias y comparativas- están accesibles en la web de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (www.ricyt.edu.ar). Lo que puedo decir es que si duplicáramos la inversión en ciencia y tecnología no estaríamos aproximándonos tanto a los países líderes, sino apenas a Chile y Brasil. Aunque la Secretaría todavía informa que el gasto en 1998 fue del 0,42% del PBI, mi estimación es que apenas alcanzó el 0,35%, mientras que la cifra chilena era superior al 0,6%. El Presidente Lagos recientemente confirmó su compromiso de duplicar este valor y llegar al final de su mandato con un nivel de inversión del 1,2% del PBI. No sé si lo logrará, pero es interesante como expresión de una voluntad política. ¿Cómo hacerlo en Argentina? Obviamente, hay que aumentar los recursos que asigna el estado. No estamos hablando de cifras que desequilibren un presupuesto, ni tampoco de hacerlo en un año. Pero hay que romper la trampa del ajuste. Si el país quiere crecer tiene que invertir. Y eso no le corresponde solamente al sector público. La inversión privada en esta materia está todavía más retrasada y debe aumentar radicalmente. También en esto el estado tiene un papel que cumplir, estimulando y orientando.

3

¿Qué papel juega la investigación básica en la política científica del país? ¿Con qué criterios debe ser apoyada?

D.C.: La investigación básica es parte de un proceso indispensable en todo país. Hay una cadena inexorable que es la investigación básica, la investigación aplicada y su desarrollo, la generación de tecnología y el impacto productivo. Por supuesto que en algunos momentos se puede poner énfasis en alguno de los segmentos de esa secuencia. Podemos, por ejemplo, en algún momento, decir que hay que impulsar básicamente la incorporación de la innovación tecnológica en las empresas o que hay que generar adaptación de tecnología. Lo que no es concebible es una situación que no tenga inversión asignada a cada una de las partes de esa secuencia. La investigación básica, por lo tanto, es condición necesaria para que el desarrollo ciencia-tecnología-producción se cumpla efectivamente.

J.C.D.B.: La investigación básica es uno de los eslabones del sistema nacional de innovación, no porque necesariamente sea prerrequisito cronológico del desarrollo tecnológico (el modelo de desarrollo asiático muestra una muy buena performance tecnológica y económica, pese a una limitada base científica en comparación con la de los países desarrollados de Occidente), sino porque es vital en el proceso de formación de recursos humanos de alta calificación, que a su vez genera externalidades positivas muy amplias.

La investigación básica debe ser apoyada de acuerdo a la calidad intrísenca (excelencia) de los proyectos, aplicando el sistema de la evaluación por pares (preferentemente del extranjero). En materia de recursos afectados a esta actividad, los mismos deben procurar un equilibrio –siguiendo los estándares internacionales- con los fondos destinados a investigaciones con menor incertidumbre respecto de sus resultados, o sea, mayor previsibilidad de aplicación inmediata de los productos de la investigación.

En ningún país se emplean criterios aplicativos para evaluar la investigación básica. Sería como pedirle a un poeta que defina previamente la poesía que creará.

L.Q.A.: La investigación básica provee una palanca esencial para la independencia y para el progreso de los países que es la formación de escuelas de pensamiento y de tecnología, con capacitación de numerosos profesionales y técnicos al más alto nivel de exigencia. Además, aún en las condiciones de total dependencia en que se encuentra la Argentina desde 1990, es posible, a partir de la originalidad científica básica propagada a la tecnología, ocupar nichos productivos locales e incluso internacionales que requieran uso intensivo de la

capacidad intelectual y habilidad técnica, campo donde la Argentina todavía es descollante, como se ve por la contínua exportación de «cerebros». En un momento de crisis absoluta como el actual, deberían privar los criterios de idoneidad y excelencia por sobre todo, tanto en el apoyo a los científicos establecidos como a los jóvenes que se inician. Los criterios de «vacancia» (temática o geográfica) no pueden justificar el financiamiento de ciencia de mala calidad.

M.A.: Con todo respeto, entiendo que la pregunta es un poco antigua. La ciencia es ciencia y las distinciones entre investigación básica y aplicada cumplieron una función, algunas décadas atrás, para construir las primeras herramientas de planificación y gestión. Hoy se habla de un nuevo modo de producción de conocimientos centrado sobre problemas cuya solución requiere componentes básicos y aplicados. También se ha roto –en cierta medida- el viejo concepto de la "masa crítica", ya que el conocimiento se crea en base a redes que (¡gracias a Internet!) son cada vez más heterogéneas y abiertas. De este modo, me parece que la pregunta sobre el papel de la investigación básica debería ser reformulada en el sentido del papel de la ciencia. Desde este punto de vista, el principal criterio para resolver medidas de apoyo a la investigación es la calidad. Por mi profesión debería decir que el concepto de calidad no es unívoco y aceptaría discutirlo en otro debate. A los efectos de esta entrevista me remito a lo que los científicos entienden por calidad o excelencia. Esto no significa que las prioridades sociales y económicas no deban ser tenidas en cuenta. Lo que quiero decir es que estas prioridades corresponden a la política científica y tecnológica. Esta, por su naturaleza política, incluye otras lógicas y otros actores. Por eso, la política científica y tecnológica debe ser un ámbito de concertación.

4

¿De qué manera se puede lograr una mejor vinculacion entre el sector productivo y las instituciones públicas de Ciencia y Tecnologia?

D.C.: La vinculación entre el sector productivo y las instituciones públicas de ciencia y técnica es un viejo problema que me parece que nunca ha sido del todo resuelto. Nosotros hemos tomado algunas iniciativas específicas sobre esta cuestión. Por un lado hemos creado el Observatorio de Prospectiva Tecnológica, cuya función fundamental es asesorar a las empresas argentinas (básicamente a las Pymes) acerca de las tecnologías más adecuadas para ser incorporadas al proceso productivo. El observatorio tiene una doble misión. Por un lado, detectar cuáles son las tecnologías disponibles y ya hemos generado un banco de datos para consultas que es muy importante. Por el otro, detectar si una determinada tecnología tiene una vida posible prolongada o, por el contrario, si dentro de uno o dos años va a ser obsoleta; si hay otras tecnologías y cuáles son éstas, de manera que aquellas empresas que tienen un alto o un importante componente tecnológico en su inversión puedan "navegar con radar", saber que si invierten en determinadas tecnologías ellas pueden tener una vida útil importante en el futuro y no quedar desplazadas por otras nuevas muy rápidamente. El Observatorio, por lo tanto, es un instrumento sumamente importante para informar acerca de lo que más allá de la coyuntura corresponde o conviene hacer a las empresas que decidan la incorporación de tecnología en su proceso productivo.

En otro orden, estamos trabajando con el Banco Nación a efectos de que los créditos para las Pymes sean también analizados desde un punto de vista tecnológico. Esto es evaluar si la tecnología que deben incorporar es la adecuada o merece una propuesta alternativa. Este es un hecho muy novedoso que toca a un número muy importante de empresas que solicitan créditos. Hasta ahora, esas empresas no eran evaluadas en términos tecnológicos sino en términos estrictamente comerciales o de garantías bancarias, con lo que aumentaban las posibilidades de fracaso.

Finalmente, dentro de todos los procesos de innovación tecnológica, hemos creado el Programa de Sociedad de la Información. Este programa nacional tiende a que las empresas argentinas se incorporen al salto cualitativo que implica su ingreso al mundo digital. La nueva economía, a la que ya me he referido, tiene como dato central ese ingreso al mundo de la Sociedad de la Información. Nosotros priorizamos dentro de la incorporación tecnológica esta cuestión.

J.C.D.B.: Dando un paso superador a las modalidades de vinculación que hoy se aplican (unidades de vinculación tecnológica, UBATEC, fundaciones de facultades, etc.). Concretamente desregulando los organismos públicos (INTA,

INTI, CONICET, etc.), para que estos puedan operar con total libertad, tanto en relación a la vinculación con las empresas, como a la política laboral y de remuneraciones de su personal, de compras y adquisiciones. La práctica presupuestaria del Ministerio de Economía, en todos los gobiernos, ha sido perversa: castigar con menor presupuesto –aportes del Tesoro- a los organismos por el equivalente a los recursos propios que generan. Por ejemplo, producto de las reformas encaradas, el CONICET con el ahorro presupuestario generado por las mejoras de eficiencia estuvo en condiciones de incrementar en un 27% los salarios de sus investigadores. En este año, el CONICET no sólo no podrá otorgar ese incremento, sino que por el contrario, perdió 11 millones de su presupuesto para gastos en personal. Si el CONICET funcionara con la autarquía de las universidades nacionales, tendría un aporte estatal global, no sujeto a reducciones.

L.Q.A.: Se necesita crear algo que en Argentina fracasó o no existió, que es la polea de transmisión de los descubrimientos originales y/o de la capacidad científico-técnica a la investigación tecnológica y de ésta al servicio de satisfacción de la demanda innovativa del sector productivo. La primera etapa no ha sido, en general, cumplida por organismos como el INTI y el INTA, que han estado burocratizados y/o cerrados sobre sí mismos y han desvirtuado frecuentemente sus objetivos. La segunda etapa, de transmisión al sector productivo mediante investigación tecnológica, y canalización y satisfacción de la demanda de éste mediante la innovación tecnológica falta totalmente. Uno de los pocos ejemplos, a pesar de sus costos e ineficiencia relativa, de un circuito completo de investigación y tecnología podría ser la mejor época de la CONEA, antes de su uso militarista y de su desmantelamiento.

M.A.: La vinculación de las instituciones públicas de ciencia y tecnología con el sector productivo es uno de los ejes de las políticas tecnológicas en todo el mundo, desde finales de los años ochenta. En América Latina el problema fue planteado con anterioridad, quizás más por defecto que por virtud. La falta de vinculación entre las instituciones académicas y las empresas estimuló el desarrollo de un pensamiento crítico cuyo principal exponente fue Jorge Sábato, quien ya a finales de los 60 propuso el modelo del triángulo de relaciones entre el Estado, el sector productivo y las instituciones científicas y académicas. En materia de instrumentos, hay muchas experiencias valiosas a tomar en cuenta y muchas de ellas en la Argentina. Entre otras, hay que evaluar la trayectoria del FONTAR y sacar conclusiones que permitan optimizar su funcionamiento. Sin embargo, del planteamiento de Sábato, que a mi juicio es todavía vigente y que hoy ha sido *aggiornado* bajo la forma de una "triple hélice", se deduce que el problema de la vinculación no es solamente una cuestión que atañe a las instituciones científicas, sino que se requiere una política tecnológica y un marco general de políticas de estímulo a la producción. El problema de la vinculación no se resuelve con políticas de oferta de conocimiento, sino de estímulo a la demanda, por parte de las empresas.■

Nueva gestión en el CONICET

En busca de la calidad

por Pablo Jacovkis*

Si bien el CONICET no abarca a todos los investigadores del país, no cabe ninguna duda de que no solamente incluye a la mayoría de ellos, sino de que es visto por la sociedad como la institución símbolo y espejo de la ciencia argentina. La primera etapa al frente de la institución ha sido destinada fundamentalmente a analizar su funcionamiento para diagnosticar los problemas y proponer las políticas generales que serán impulsadas. A continuación, presentamos las principales líneas de acción que guiarán nuestra gestión.

El objetivo fundamental de la gestión que presido es promover la excelencia en todos los campos de la investigación científica y tecnológica en todo el país. Para lograrlo, nuestra intención es recuperar e incrementar los medios necesarios y asegurar su eficiente utilización.

Es claro que el CONICET tiene gravísimos problemas que hacen muy dificultoso el cumplimiento de esos objetivos. Durante 1999 no pudo abonar a los investigadores las cuotas que correspondían de los subsidios en ejecución; tampoco cumplió con su parte en los convenios internacionales y debe viáticos y pasajes a los miembros de las comisiones asesoras. Su presupuesto, como sabe toda la comunidad científica y tecnológica, fue drásticamente reducido, una vez más, en los últimos meses del gobierno anterior, y el monto perdido aún no ha sido recuperado. A esto se sumó el serio problema del pago de los estipendios de diciembre de 1999 de los becarios, que apareció trabado por culpa de la anterior administración nacional y nos obligó a utilizar fondos provenientes del presupuesto de este año. Aumentar el presupuesto para poder asignar subsidios significativos y sin atrasos, financiar viajes académicos, apoyar reuniones científicas, restablecer y aumentar las relaciones internacionales y poder llevar los sueldos de los investigadores a cifras razonables es un objetivo con el que toda la comunidad científica y tecnológica estará de acuerdo. Recuperar esos fondos perdidos y aumentar el presupuesto son tareas prioritarias de esta gestión.

El presupuesto no es lo único

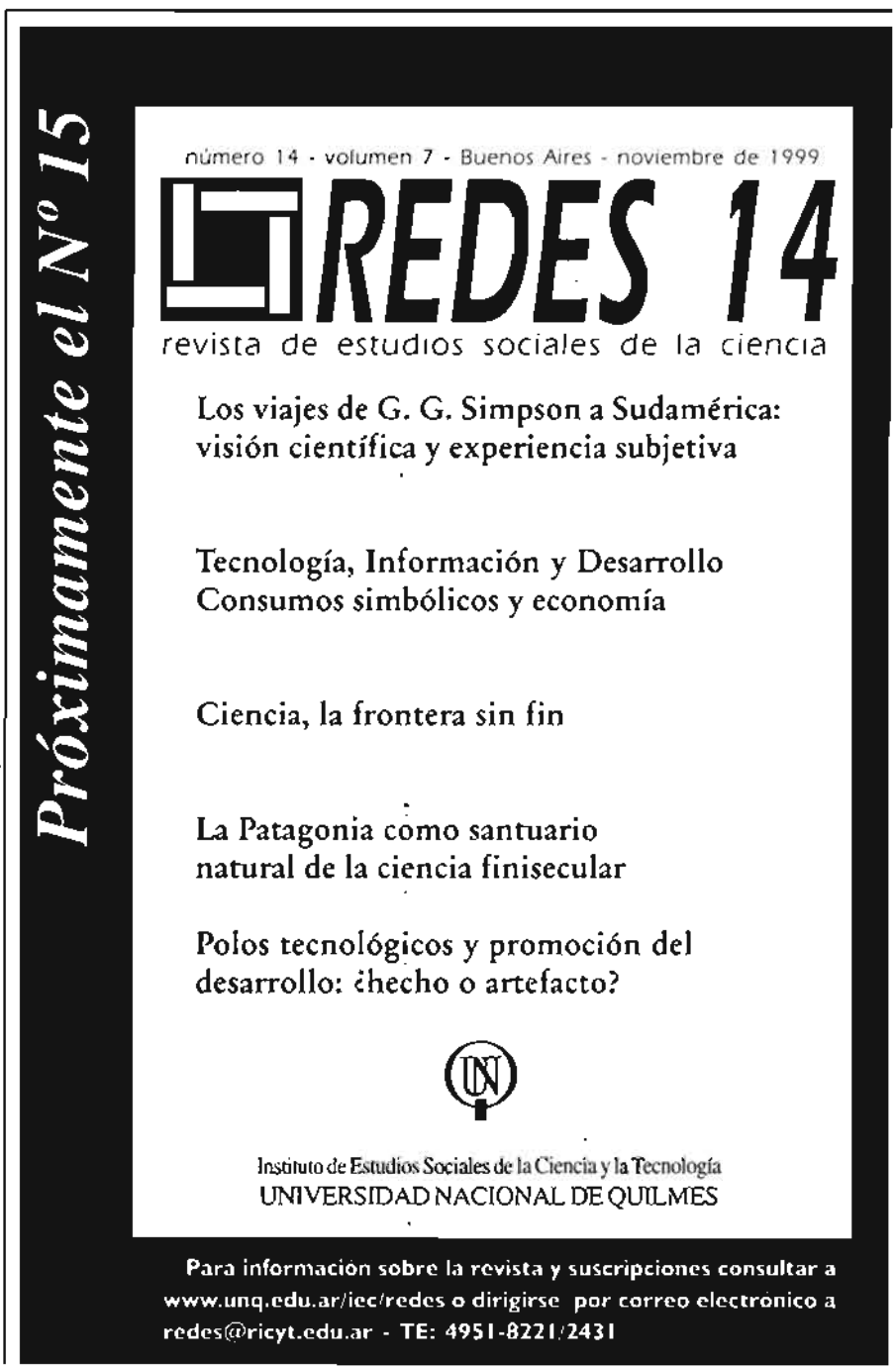
Pero, como ya expresé en otras ocasiones, creo que los problemas del CONICET no se agotan en el tratamiento de su presupuesto. Su actividad se ha visto degradada no sólo por causa de las restricciones presupuestarias sino también por la adopción de políticas que no siempre han privilegiado la promoción de la investigación científica y tecnológica de calidad. En este momento, el mantenimiento de una actitud complaciente del CONICET sobre sus propios vicios sería el peor de los remedios. Por ejemplo, en los últimos años se priorizaron, a lo largo de varias administraciones, políticas cuya finalidad aparente era la promoción de la ciencia y la tecnología en el interior del país. Este, que es un objetivo válido e importante, no se logra mediante la construcción de institutos en zonas relativamente aisladas y sin estudios previos que lo justifiquen ni asignando cuotas o cupos de becarios e ingresos de investigadores. Por el contrario, si se quiere promocionar la ciencia y la tecnología en un determinado lugar o en una determinada zona, se deben tomar medidas tendientes a llevar allí a investigadores de la más alta categoría, trayéndolos del exterior, si

fuera necesario. Así se comprobaría, muy rápidamente, que buenos investigadores y becarios intentarían trasladarse a ese lugar. Es necesario que el CONICET cambie drásticamente esta política de falsa promoción regional reemplazándola por otra en cuyo centro esté la promoción de la calidad, lo cual no contradice sino complementa la promoción de una mayor integración entre el sistema científico y tecnológico, la economía nacional y las economías regionales.

Los miembros de la comunidad científica y tecnológica son testigos de que a lo largo de los últimos años el CONICET ha mostrado una enorme ineficiencia administrativa, que ha conspirado seriamente contra el cumplimiento de sus objetivos. Ingresos que tardan un año y medio en resolverse no aseguran la incorporación de los mejores. Subsidios ejecutados tres o cuatro años después de cuando se realizaron los respectivos pedidos no garantizan su utilización eficiente. No creo que sea la falta de adecuado financiamiento la principal causante de la obsoleta estructura administrativa. Es evidente que el CONICET tiene graves problemas presupuestarios, pero no se pueden olvidar las políticas llevadas a cabo por la institución entre 1989 y 1996, fuentes de muchísimos de los males actuales que, si bien produjeron beneficios para algunos, también provocaron perjuicios para muchos. Es necesario revertir estas políticas y concretar una reorganización administrativa que permita orientar todos los recursos del organismo hacia el cumplimiento de sus objetivos principales.

Evaluación transparente y rigurosa

La falta de un adecuado funcionamiento ha repercutido, sin duda, en un cierto relajamiento de las normas de control de gestión académica, como lo atestigua, por ejemplo, el elevadísimo porcentaje –cercano al cien por ciento– de aprobación de informes. La existencia de mecanismos rigurosos y transparentes de evaluación es una condición necesaria para la supervivencia y el mejoramiento del CONICET. Nuestra actividad está concentrada en el fortalecimiento de los mecanismos reglamentarios de evaluación, que deben ser de funcionamiento transparente y riguroso. En este sentido, acciones claras han sido y serán propuestas por la Gerencia de Evaluación y Acreditación. En lo in-



mediato se están adoptando algunas medidas extraordinarias para resolver con rapidez todos los trámites en curso (promociones, reconsideraciones, etc.). El sistema de múltiples instancias de evaluación debe ser simplificado y debe asegurar como único criterio la calidad académica. La adopción de medidas que tiendan a la creación de mecanismos eficientes de informatización de la gestión del organismo es otra de nuestras prioridades.

La política del CONICET hacia sus Unidades Ejecutoras ha sido fuente de largos conflictos y frecuentes debates. Al respecto, considero que debe tenerse en cuenta que la reciente evaluación efectuada por especialistas internacionales recomendó el cierre de programas y el cierre o fusión de algunos institutos, medidas que en muchos casos aún no han sido implementadas. Por otra parte, cabe consignar que, tal como se puso de manifiesto en dicha evaluación, en algunos casos la productividad del CONICET, medida por parámetros internacionales, está por debajo de la media. Es importante tener en cuenta este diagnóstico para elaborar estrategias hacia el futuro. El CONICET debe tener una política clara hacia sus Unidades Ejecutoras que, en primer lugar, defienda la investigación científica y tecnológica de calidad. Debe tenderse a que los institutos tengan objetivos científicos y tecnológicos claramente definidos, logren un tamaño mínimo de veinte investigadores, eviten la excesiva especialización y establezcan una fuerte interacción con las Universidades.

Integración con las Universidades

La relación entre el CONICET y las Universidades ha sido otra fuente de conflictos. Si bien es cierto que la mayoría de los investigadores del CONICET tiene relación con las Universidades, también lo es que en muchos casos la institución ha enviado claros mensajes en los cuales las Universidades se ven relegadas. Por ejemplo, en 1999 las directivas sobre admisión de investigadores a la carrera científica indicaban que la primera prioridad eran los investigadores que solicitaban lugar de trabajo en Institutos, y la segunda los que lo hacían en las Universidades. Al respecto, se ha instruido a la Gerencia de Evaluación y Acreditación para que, aplicando el reglamento de evaluación recientemente aprobado, tome las medidas necesarias para garantizar que la evaluación de los ingresos se haga exclusivamente sobre la base del análisis de la calidad de los postulantes. Nuestra gestión tiene como objetivo lograr una profunda integración entre el CONICET y las Universidades. Esto no sólo requiere cambios en las políticas del organismo sino también modificaciones que logren que en las Universidades Nacionales se genere un ambiente más permeable a la investigación científica y tecnológica. Una medida concreta para integrar el CONICET y las Universidades, es que a los investigadores del CONICET, con cargos docentes de dedicación parcial en una Universidad y con lugar de trabajo en ella, se les pague el incentivo como dedicación exclusiva.

Para que sea posible una nueva modalidad de gestión en el CONICET, es necesario que se produzcan cambios que van mucho mas allá del que se produjo en enero pasado al asumir un nuevo Presidente en el organismo. En ese contexto no puede obviarse una referencia a la situación del máximo organismo de conducción del CONICET. Su Directorio no refleja las inquietudes de muchos investigadores, en particular de los pertenecientes a las categorías de asistentes, adjuntos e independientes. Para que el CONICET sea capaz de adoptar políticas activas que permitan revertir sus graves deficiencias, es necesario introducir reformas en su Directorio para mejorar su representatividad y que puedan incorporarse investigadores jóvenes en su seno.

Los problemas del CONICET exceden en mucho a los que he mencionado e incluyen otros para cuya solución es necesario elaborar propuestas con la participación de amplios sectores de la comunidad científica y tecnológica. Deben elaborarse una nueva política salarial que permita revertir la injusta situación actual, en la que una variedad de suplementos ha distorsionado por completo una escala que debería estar basada sólo en la jerarquía académica alcanzada. Debemos mejorar las condiciones generales de trabajo de los investigadores, técnicos, administrativos y becarios. En particular, se está gestionando la cobertura médica de los becarios, que actualmente no tienen ninguna protección al respecto por parte del CONICET. Debemos lograr que la institución actúe como promotor de políticas activas que integren al sistema científico argentino, coordinando programas de inserción de científicos jóvenes en el sistema, de equipamiento de grupos, de creación y mejoramiento de infraestructura informática y de bibliotecas científicas, entre otros. Para llevar a cabo todas estas actividades instrumentaremos los mecanismos necesarios para contar con la activa participación de toda la comunidad científica y tecnológica en su diseño e implementación. ■

* *Presidente del CONICET.*

¿Qué es esa cosa llamada Nobel?

por Ileana Lotersztain*

"La totalidad de lo que queda de mi fortuna quedará dispuesta del modo siguiente: el capital, invertido en valores seguros por mis testamentarios, constituirá un fondo cuyos intereses serán distribuidos cada año en forma de premios entre aquellos que durante el año precedente hayan realizado el mayor beneficio a la humanidad. Es mi expreso deseo que, al otorgar estos premios, no se tenga en consideración la nacionalidad de los candidatos, sino que sean los más merecedores los que reciban el premio, sean escandinavos o no."
Alfred Nobel, Italia, 1895.

KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIEN
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

Alfred Nobel nació en Estocolmo en 1833. Su padre fue Immanuel Nobel, un ingeniero sueco que amasó una importante fortuna fabricando explosivos para el gobierno ruso. Continuando con la tradición familiar, Alfred inventó y patentó la dinamita, que revolucionó por completo la industria bélica de la época. Paradójicamente, Alfred Nobel tenía ideas pacifistas y sentía también inclinación por la literatura, el arte y la ciencia.

En San Remo, Italia, un año antes de morir, Nobel decidió que los intereses de su cuantiosa fortuna se otorgaran en forma de premios anuales a personas vivas que hubiesen realizado aportes extraordinarios en los campos de la Física, la Química, la Fisiología y la Medicina, la Literatura y la Paz. Los Nobel se entregaron por primera vez el 10 de diciembre de 1901. En 1968 se agregó una nueva categoría: con motivo de su 300 aniversario, el Banco Nacional de Suecia instituyó el "Premio de Ciencias Económicas en memoria de Alfred Nobel".

La continuidad de las distinciones está asegurada por la Fundación Nobel (en Estocolmo), cuyos directivos son desde 1900 los responsables del capital y de sus inversiones. La Academia Sueca de las Ciencias otorga los premios de Física, Química y Economía. El galardón de Fisiología y Medicina lo entrega el Instituto Karolinska de Estocolmo, el de Literatura corre por cuenta de la Academia Sueca y el Comité Nobel Noruego en Oslo administra el premio de la Paz, el único que puede otorgarse a instituciones o grupos.

Los Nobel "innobles"

En inglés, **Ig Nobel** se pronuncia igual que **ignoble**, que quiere decir innoble. De este juego de palabras nacieron, hace nueve años, los premios Nobel Ig, que "reconocen los logros científicos poco comunes que no podrían o no deberían reproducirse; sean buenos o malos."

En una "solemne" ceremonia que se realiza todos los años en el auditorio de la Universidad de Harvard, en Estados Unidos, un genuino premio Nobel entrega diez de estos galardones. Entre los descubrimientos o creaciones que no podrían repetirse está, por ejemplo, la original colonia de ADN de Bijan Pakzad (Ig de Química 1995), que viene en una botella de vidrio con forma de triple hélice y trae una etiqueta que aclara: "este producto no contiene ácido desoxirribonucleico". Irrepetible es también el descubrimiento de Anders Barheim y Hogne Sandvik (Ig de Biología 1996), de que la crema ácida estimula el apetito de las sanguijuelas, la cerveza las intoxica y el ajo generalmente las mata.

Algunos premios resultan un tanto desagradables. El Nobel Ig de Medicina 1998 fue para el paciente X y sus doctores del Hospital Gwent, en Escocia, por su informe médico titulado "Un hombre que se pinchó un dedo y olió a podrido durante cinco años", publicado en la revista The Lancet (vol. 348, p. 1282). Y en 1992, un grupo de médicos del Instituto de Investigación Shisedo, en Japón, se quedó con el Nobel Ig de Medicina, por su original trabajo que se llamó "Elucidación de los compuestos químicos responsables del mal olor de los pies" (British Journal of Dermatology), especialmente por su conclusión de que las personas que creen tener "olor a pata" lo tienen y las que no, no.

La odontología también se ganó un lugar en los Ig. El doctor Robert Beaumont obtuvo un premio en 1995 por su incisivo estudio: "Preferencia de los pacientes de hilo dental encerado o sin encerar" (Journal of Periodontology).

Los Ig de la Paz suelen ser bastante irónicos. El de 1997 fue para el estudio de Harold Hillman sobre los "Diferentes grados de sufrimiento que experimentan los condenados a muerte de acuerdo al método de ejecución".

Algunos de los descubrimientos premiados son completamente falsos, lo cual no les quita mérito alguno porque lo que se premia no es la veracidad de los trabajos. Este es el caso de Jacques Benveniste (Ig de Química 1991 y 1998) y su hallazgo de que las moléculas de agua tienen memoria y que sus recuerdos se pueden transmitir por vía telefónica. En la misma línea está Louis Kervran (Ig de Física 1993), con su revelación de que el calcio de la cáscara del huevo de un pollito se crea mediante un proceso de fusión fría.

A diferencia de los Nobel auténticos, los Ig se pueden otorgar a personas ya fallecidas. George y Charlotte Blonsky ganaron el Ig de Salud Pública en 1999, por su dispositivo para acelerar el parto (patente norteamericana 3216423). El sistema consiste en una mesa circular sobre la que se acuesta la futura mamá. Después de asegurarla a la mesa se la hace girar a alta velocidad. Supusieron que de esta manera se simplificaría el parto.

Uno de los trabajos más aclamados fue el que se ganó el Nobel Ig de Física 1999. Se lo llevó Len Fisher, al determinar la mejor manera de mojar una galletita en té o café sin que se deshaga. Auspiciado por la firma Mc Vities, Fisher ideó una fórmula para calcular el tiempo óptimo de inmersión, que tiene en cuenta el tamaño promedio de los poros de las galletas y la viscosidad de la bebida caliente para predecir hasta qué altura subirá el líquido.

Y así los innobles se ganaron su lugar en la posteridad.

Cómo se elige un Nobel

Cada año, los comités Nobel de las instituciones que conceden los premios invitan a miles de científicos, miembros de academias, profesores universitarios y ganadores de años anteriores a nominar candidatos. Con la ayuda de especialistas, los integrantes de los comités estudian las nominaciones y hacen una selección que presentan a las instituciones. En cada una de ellas, los directivos votan para elegir al ganador.

Los premios se pueden dividir entre dos o tres personas. A lo largo de estos cien años su monto fue oscilando al sufrir los vaivenes de la corona sueca. Los premios más abultados rozaron el millón de dólares, mientras que aquellos que obtuvieron el galardón en 1923 tuvieron que conformarse con 30 mil dólares (además del honor, por supuesto).

En algunos rubros, más precisamente en Física, Química y Medicina, muchas veces se premian descubrimientos que tienen varios años y que en su momento pasaron casi inadvertidos. El año pasado, los farmacólogos Louis Ignarro, Robert Furchgott y Ferid Murad recibieron el Nobel por sus estudios (bastante añejos) sobre el rol del óxido nítrico en el sistema cardiovascular. A partir de su trabajo se desarrollaron varias drogas para tratar la ateroesclerosis y disminuir la presión arterial. Recién en ese momento sus investigaciones se apreciaron en toda su dimensión y entonces se les concedió el Nobel.

KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIEN
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

Curiosidades nobelísticas

Mucho se ha especulado sobre por qué no existe un Nobel para la matemática. La hipótesis más jugosa sugiere que Nobel sentía una aversión personal hacia esta disciplina, porque una mujer de la que estaba enamorado lo había abandonado por Gosta Mittag-Leffler, un famoso matemático. Pero esta historia de rencor y venganza es muy poco creíble. Aparentemente, Nobel no dispuso un premio para la matemática porque no la consideraba una ciencia que tuviera un beneficio práctico para la humanidad.

Tal vez a los matemáticos, que no pueden aspirar al Nobel, les cueste creer que hay quienes se dan el lujo de despreciarlo. En 1937 Richard Kuhn rechazó el premio de Química, y lo mismo hizo Adolf Butenand al año siguiente, por expresa prohibición de Hitler. Diez años más tarde, con Hitler muerto y enterrado, los dos investigadores escribieron a la Academia Sueca argumentando que sus negativas habían obedecido a cuestiones políticas. Kuhn y Butenand recibieron su oro, pero sólo en forma de medallas, junto con unos bonitos diplomas.

Otro que se ganó el Nobel pero no pudo aceptarlo fue Boris Pasternak. Esta vez el

premio era de Literatura 1958, por la novela *Dr. Zhivago*. Pero el libro no tenía buena prensa en Rusia, así que el escritor fue "invitado" a rechazar el premio.

Pero no todos los que rehusaron aceptar el Nobel lo hicieron contra su voluntad. En 1964 Jean Paul Sartre rechazó el suyo. Nueve años más tarde el vietnamita Le Duc Tho se negó a recibir el Nobel de la Paz, que le había sido concedido junto a Henry Kissinger por sus gestiones en Vietnam.

Nobel por partida doble y Nobel femeninos

Sólo unos pocos elegidos obtuvieron el Nobel más de una vez. Marie Curie se adjudicó el de Física en 1903 y el de Química en 1911. Linus Pauling recibió el de Química en 1954 y el de la Paz ocho años después. John Bardeen obtuvo dos veces el Nobel de Física, en 1956 y en 1972 y Frederick Sanger se quedó con dos galardones de Química, el primero en 1958 y el segundo en 1980.

Desde 1901 hasta hoy sólo 29 mujeres recibieron la distinción. Entre las afortunadas están Marie Curie (Física y Química), Barbara McClintock (Fisiología y Medicina), la Madre Teresa (Paz), Rigoberta Menchu Tum (Paz) y Gabriela Mistral (Literatura).

El lado oscuro del Nobel

El doctor William Langston, director de la Fundación del Parkinson en Sunnyvale, California, cuenta que cuando les pregunta a los investigadores jóvenes si preferirían hacer un gran descubrimiento o ganar el Nobel la mayoría se toma su tiempo para pensar antes de contestar. Es que, además del dinero, que por cierto es una suma nada despreciable, el premio Nobel es una suerte de coronación, una validación personal y profesional. Para Langston, "el mito es suponer que el Nobel reconoce lo mejor de lo mejor de la ciencia, pero la realidad es que se ha vuelto parte de la ciencia misma. Cuando un científico gana el premio, éste valida su investigación".

Pero además, el Nobel es para siempre, aún si se lo entrega por un trabajo que después se revela equivocado. Langston da el ejemplo del doctor Arthur Kornberg, quien en 1959 ganó un Nobel por encontrar la enzima que copia el ADN. Años más tarde se demostró que había descubierto una enzima equivocada. Para Langston, "el premio de Kornberg no sólo eclipsó a otros científicos, entre ellos a su hijo Thomas, que eventualmente descubrió la enzima correcta en 1970, sino que además obstruyó ese descubrimiento."

Hagan sus apuestas

Todos los años los científicos tratan de adivinar quiénes ganarán los próximos Nobel. Y aunque la cosa no es fácil, hay ciertos factores que conviene considerar a la hora de arriesgar un candidato. Según la revista *The Scientist*, uno de los "indicadores nobelísticos" más precisos es la frecuencia de citación. Los datos sobre citas del Instituto para la Información Científica demuestran que la gran mayoría de los "nobelistas" son muy productivos: publican cinco veces más que el científico promedio y son entre 30 y 50 veces más citados.

Otro factor a tener en cuenta es si el candidato en cuestión fue honrado con algún otro premio importante o si se incorporó a una academia prestigiosa. Con todos estos datos son muchas las probabilidades de ganar una apuesta... no está de más conocer los secretos de la cocina.■

*Licenciada en Ciencias Biológicas, FCEyN - Egresada del Curso-Taller de Periodismo Científico CyT-FCEyN.

Los ómnibus ecológicos

Una promesa de aire limpio

por Susana Gallardo*
sgallardo@bl.fcen.uba.ar

Nuevas reglamentaciones, en los países industrializados, exigen que un porcentaje de los autos que se fabriquen sean no contaminantes. Algunas automotrices ya lanzaron sus vehículos eléctricos. Pero el auto "híbrido" (a batería y con un motor para recargarla) parece la mejor solución. También ya están circulando algunos autobuses eléctricos. En la Argentina, un ingeniero de la UBA propone desarrollar un colectivo híbrido de piso bajo.

Autos, colectivos y camiones hacen que el aire de las ciudades se vuelva cada día más irrespirable. Por ello, desde hace años se busca el motor que no contamine. Se intentaron diversos métodos: propulsión a energía solar y combustibles alternativos, como los alcoholes o los aceites vegetales. El desafío es igualar la potencia y el costo de los motores tradicionales. Porque la ecología tiene buena prensa, pero ¿quién va a comprar un auto caro y lento sólo para tranquilizar su conciencia?

Una alternativa para bajar los niveles de emisión de contaminantes es el auto eléctrico, propulsado a batería. Estos vehículos tienen muchas ventajas: son silenciosos, y el motor exige poco mantenimiento. No requieren sistema de enfriado, recambio de aceite, ni filtros ni correas.

El problema es que no llegan muy lejos sin recargar la batería. Y esta tarea insume mucho más tiempo que llenar el tanque de nafta. De hecho, puede llevar horas. Además, estos autos son caros porque deben fabricarse con materiales muy livianos para mejorar su eficiencia. Por otra parte, la batería tiene una vida útil limitada, y debe ser reemplazada, con el costo correspondiente.

Nuevas reglamentaciones

En Estados Unidos, Canadá, Europa y Japón, desde comienzos de 1990, la industria está trabajando para desarrollar autos eléctricos, presionada por las nuevas reglamentaciones vigentes en algunas ciudades. En California, Estados Unidos, desde 1990 la ley exige que, de todos los autos que se fabriquen anualmente, un porcentaje corresponda a vehículos de "emisión cero". Esto significa que no deben emitir los compuestos nocivos que generan los motores a explosión, como el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, partículas en suspensión e hidrocarburos (ver recuadro "¿Qué es emisión cero?")

La proporción de autos "limpios" debe ir aumentando gradualmente. Para 1998 fue del 2 por ciento; para el 2001 el porcentaje deberá ascender al 5 por ciento, y al 10 por ciento para el 2003.

Una barrera difícil de franquear

La realidad es que existe una barrera todavía difícil de franquear: la eficiencia de las baterías. Las más comunes son las de plomo-ácido, como las que se utilizan actualmente para el arranque. Se trata de dos placas de plomo (los electrodos) que reaccionan en una solución de ácido sulfúrico (electrolito), produciendo una corriente eléctrica.

La autonomía que brindan estas baterías no llega a los 150 kilómetros. Y una desventaja adicional es su peso. Si el tanque lleno de nafta de un coche mediano pesa aproximadamente 40 kilogra-

PROYECTO ECOBUS
Autobus urbano híbrido serie A G.N.C.

mos -y permite una autonomía de alrededor de 500 kilómetros-, para efectuar el mismo recorrido sin recarga, una batería de las más avanzadas debería pesar 200 kilogramos (cinco veces más).

Por ello se estudian baterías compuestas por materiales que, con una superficie de reacción menor, puedan reaccionar electroquímicamente a una velocidad más alta, como por ejemplo las de níquel-hidruro metálico, que pueden almacenar grandes cantidades de energía.

Un tema no resuelto aún es qué hacer con las baterías una vez finalizada su vida útil. La solución es el reciclado, pero esto puede hacerse en la medida en que el material recuperado aporte alguna ganancia, además de cubrir el costo del proceso en sí.

De las naves espaciales a los automóviles

No sólo las baterías pueden propulsar a un auto eléctrico. "Una alternativa para proveer electricidad sin contaminar es la celda de combustible, que convierte la energía química del hidrógeno en electricidad mediante una reacción electroquímica", explica el doctor Ernesto Calvo, investigador del Laboratorio de Electroquímica y Secretario de Investigación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

La celda de combustible, al igual que la batería, posee dos electrodos –conductores de electricidad-, uno negativo (cátodo) y el otro positivo (ánodo), separados por una solución ácida o alcalina. Pero, mientras que la batería almacena una cantidad fija de energía, la celda de combustible no se descarga y continúa produciendo electricidad en la medida en que se suministra hidrógeno en el ánodo y oxígeno en el cátodo.

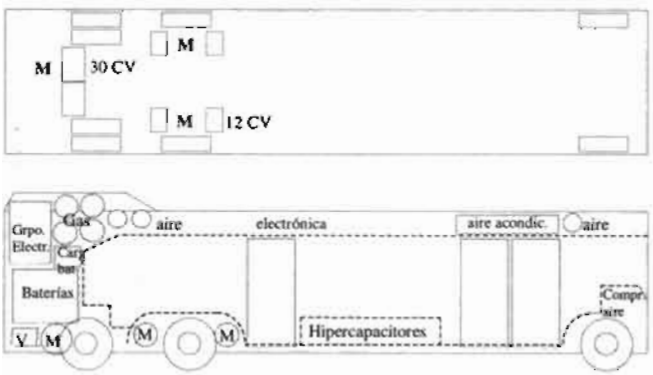
El hidrógeno se oxida en contacto con el ánodo, y libera electrones, que fluyen hacia el cátodo a través de un circuito, creando una corriente continua. Una celda de combustible produce poca potencia, por ello se las apila unas sobre otras para generar una potencia total equivalente a la suma de las potencias individuales.

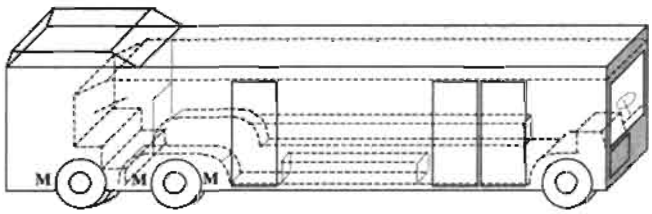
En la década del 60, la NASA utilizó celdas de combustible para suministrar electricidad y agua potable a los astronautas a bordo de la nave *Geminis 5*. También se usaron en la *Apolo 14* y en tres misiones del laboratorio espacial *Skylab*.

La realidad es que, mientras un motor a explosión tiene una eficiencia del 40 al 50 por ciento (el resto se pierde en forma de calor), una celda de combustible alcanza del 80 al 85 por ciento de eficiencia. El desafío para este tipo de sistema es cómo obtener el hidrógeno. Una alternativa es cargarlo en tubos, como se hace actualmente con el GNC. Pero esto tiene sus riesgos dado que el hidrógeno es muy explosivo.

"Una solución sería el uso de combustibles como la nafta o el metanol que, mediante un *reformador* adosado a la

El prototipo





Planta, sección y axonométrica del autobus urbano híbrido serie A G.N.C.
V: controles de velocidad
M: motores asincrónicos

Los compuestos agresivos

La cuestión es que los compuestos que emiten los motores nafteros o gasoleros son muy agresivos para la salud. El monóxido de carbono bloquea el transporte de oxígeno a los tejidos, y puede producir dolores de cabeza y reducción temporaria de la capacidad mental, con problemas de coordinación y, en consecuencia, la posibilidad de sufrir un accidente.

Los óxidos de nitrógeno irritan las vías respiratorias. Además, cualquier contaminante, en presencia de otros, aumenta su capacidad de provocar daño. Por su parte, el ozono, que es imprescindible en la estratósfera para filtrar la radiación ultravioleta del sol, a nivel de la superficie terrestre, y en cantidades apreciables, produce daño en las células, fundamentalmente por inhalación.

Pero las más peligrosas son las partículas en suspensión, sobre todo si son muy pequeñas, porque llegan hasta lo más profundo de los alvéolos pulmonares y deterioran la pared celular. En Gran Bretaña se ha estimado que estas partículas provocan unas 10 mil muertes anuales por afecciones respiratorias.

Los motores gasoleros producen menos óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono que los nafteros, pero generan una mayor cantidad de partículas sólidas en suspensión. Por su parte, los motores a gas natural comprimido (GNC) emiten menor cantidad de todos estos contaminantes, pero la autonomía es menor, la respuesta del motor es más lenta y éste trabaja a mayor temperatura, lo que produce un mayor desgaste.

celda de combustible, se conviertan en hidrógeno", comenta Calvo.

Las celdas de combustible tienen la ventaja, sobre las baterías, de ofrecer la misma libertad y autonomía que brindan los motores tradicionales. El problema no resuelto aún es el mayor costo derivado de uno de sus componentes, el platino.

Autos que se recargan solos

Las baterías carecen de autonomía, y las celdas de combustible, por el momento, resultan costosas. Por ello, ya están circulando los denominados "vehículos híbridos", que obtienen la energía a partir de dos o más fuentes.

El ingeniero Hernán Tacca, del Laboratorio de Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la UBA, explica que los vehículos híbridos pueden tener sus motores en paralelo o en serie. En el primer caso, cualquiera de los motores puede aportar la fuerza motriz. En cambio, los híbridos en serie sólo reciben la potencia del sistema eléctrico. Y el motor a nafta o a gas se utiliza sólo para recargar las baterías.

Un auto híbrido no cumple con la premisa de ser "emisión cero", pero, según los expertos, contamina mucho menos que los vehículos tradicionales porque el grupo electrógeno no tiene que entregar potencias variables durante el arranque y las aceleraciones, sino que proporciona una potencia promedio. A estos motores de combustión -nafteros, diesel, o eventualmente turbinas de gas- se los puede mantener en un régimen que contamine lo menos posible. Su única función es cargar las baterías.

Tacca comenta que, además, los motores eléctricos se pueden utilizar como generadores, es decir, no sólo reciben energía de las baterías, sino que, en ciertos casos, pueden producir potencia para recargarlas. Cuando el vehículo frena, esa energía mecánica puede enviarse a las baterías, que de este modo se recargan. El conductor sólo aprieta el pedal de freno, pero un microprocesador electrónico determina que el vehículo frene primero con los motores, y sólo al final emplee el freno mecánico.

Los vehículos convencionales, cuando frenan, pierden en forma de calor toda la energía ganada en la aceleración. Frenando con el motor, además de aprovechar esa energía que se genera, se preserva la vida útil de los frenos mecánicos.

En general, en los trayectos en que se acelera y se frena en forma continua, como en las ciudades, los motores convencionales gastan mucho más combustible y contaminan más. Esto se acentúa en las horas pico, cuando el tránsito se congestiona, y los motores funcionan gran parte del tiempo con el vehículo detenido.

Largo		13 m
Peso (incluidas las baterías)		14 T
Carrocería	Estructura	mixta reticulada y autoportante
	Materiales	acero, duraluminio, plástico inyectado y paneles de fibra incluida en resina.
Ruedas		8 ruedas de 27,7 pulgadas alineadas en tres ejes, con ruedas traseras dobles.
Tracción		en cuatro ruedas con motores asincrónicos trifásicos de 3 x 380V con variadores de velocidad individuales.
Potencia motriz		110 CV
Grupo electrógeno		45 kVA - 3 x 380V (montado en plataforma desmontable)
Baterías		plomo - ácido selladas / 400V - 65 Ah / agrupadas en contenedor desmontable.
Hipercapacitores		56F x 500V

¿Qué es "emisión cero"?

Un auto "emisión cero" es el que no emite sustancias nocivas, sólo dióxido de carbono y agua. Si bien el dióxido de carbono es uno de los gases responsables del calentamiento global de la atmósfera del planeta (efecto invernadero), no es nocivo para la salud como lo son otros productos que emiten los motores a explosión.

Ahora, ¿por qué los motores emiten sustancias nocivas? Toda combustión es una tarea de dos: el combustible -un derivado del petróleo-, y el oxígeno. La energía del combustible, almacenada en uniones químicas, se transforma, por la oxidación del oxígeno, en energía mecánica y en calor. Lo que sobra, se emite como dióxido de carbono y agua.

Pero, la combustión del motor de un auto no es perfecta. Si entra menos oxigeno que el necesario, no se llega a transformar el hidrocarburo en forma completa. Resultado: se generan gases que están menos oxidados, en particular el monóxido de carbono, que es tóxico. Otros productos nocivos son los hidrocarburos con oxidación incompleta, porque las moléculas grandes se van rompiendo pero no llegan a convertirse totalmente en dióxido de carbono. Asimismo se forman óxidos de nitrógeno, que también son nocivos.

Se vienen los colectivos no contaminantes

En Estados Unidos y Canadá ya circulan los nuevos autobuses eléctricos. En la Argentina, el ingeniero Tacca propone desarrollar un colectivo totalmente bajo y no contaminante, que funcione con baterías y tenga un pequeño motor para recargarlas.

Tacca señala que sería posible lograr un colectivo que tuviera el piso bajo desde la entrada hasta el final. Algunos de los que actualmente circulan por la ciudad tienen una parte baja pero, para acceder a los asientos traseros, hay que subir escalones o rampas. Además, algunos colectivos semibajos tienen un escalón cerca de la puerta de descenso, que origina más de un traspié.

Estos colectivos tienen el sector trasero muy elevado porque allí se encuentran las ruedas, de gran tamaño para soportar el peso del vehículo, y el diferencial, un artefacto que permite transmitir el movimiento del motor a las ruedas.

Lo que propone Tacca es un autobús de seis ruedas (más pequeñas que las actuales) y que en lugar de tener un solo motor, tenga 6 pequeños motores, uno para cada rueda. De este modo ya no sería necesario el diferencial, y se obtendría un vehículo enteramente bajo, en un solo nivel, que no tuviera escalones ni rampas para ascender.

Además, este colectivo contaminaría mucho menos que los actuales porque sería un vehículo "híbrido": tendría propulsión eléctrica (a baterías) y poseería un motor diesel o a gas para recargar las baterías.

Tacca señala que el problema de la autonomía se hace crucial si se trata de un colectivo eléctrico, pues la recarga de las baterías insumiría varias horas, lapso durante el cual el vehículo no estaría disponible, salvo que el paquete de baterías fuera recambiable. Además, extender la autonomía exige recurrir a baterías de tecnología mucho más costosa que las convencionales, lo cual aumentaría el precio del vehículo.

Ya sea mediante baterías, celdas de combustible o sistemas híbridos, los autobuses no contaminantes, con el tiempo, irán desplazando a los convencionales. Los nuevos colectivos serán más costosos que los actuales, ya que requerirán materiales más livianos y mucha electrónica. Pero, según los expertos, tendrían mayor vida útil.

"En la Argentina, el transporte automotor de pasajeros factura más de mil millones de pesos por año, sólo en el área metropolitana", afirma Tacca, y agrega: "La importancia económica hace aconsejable emprender desarrollos nacionales en esta materia".

Los vehículos eléctricos, a medida que los países adopten nuevas regulaciones, se irán imponiendo en todo el mundo. "Si no tomamos la iniciativa, en unos años, seguramente tendremos autobuses eléctricos importados, y habremos perdido la posibilidad de hacer negocios, y exportar. Y se perderán puestos de trabajo, porque ya no se podrán vender en el país ni exportar vehículos de tecnología vieja", vaticina Tacca.■

* *Coordinadora del Centro de Divulgación Científica y Técnica-FCEyN.*

El premio de Medicina 1999

Un descubrimiento sencillo

por Armando J. Parodi*
aparodi@intu.gov.ar

Los descubrimientos realmente importantes, mirados restrospectivamente, a menudo parecen obvios. ¿Cómo no se le ocurrió antes a alguien?, es la pregunta que surge al estudiar los logros de Günther Blobel de la Rockefeller University de Nueva York. Muchas veces los científicos nos negamos a aceptar que la naturaleza puede, en ciertos casos, ser realmente simple.

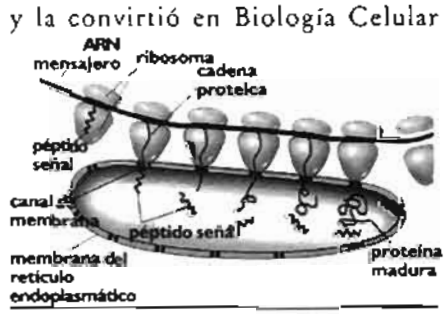
Las células nucleadas poseen no solamente una membrana que las separa del medio externo sino también estructuras intracelulares separadas unas de otras por membranas intracelulares. Cada una de estas estructuras tiene funciones características. Por ejemplo: las mitocondrias son "fábricas" de energía; en los cloroplastos se realiza la fotosíntesis; en los lisosomas se degradan desechos celulares; en el núcleo reside y se replica el ADN y se sintetiza el ARN. La existencia de funciones propias en cada compartimento intracelular supone la existencia de proteínas (las moléculas que realizan cada trabajo) características de cada compartimento.

Ahora bien, casi todas las proteínas son sintetizadas en el citoplasma celular, o sea, en el líquido que rodea a las estructuras intracelulares. Se plantea entonces la pregunta: ¿cómo saben las proteínas, una vez sintetizadas, si deben quedarse en el citoplasma, o si deben dirigirse a alguna estructura intracelular, o incluso si deben salir de la célula? El grupo de George Palade, Premio Nobel en Medicina en 1974, de la Rockefeller University, había demostrado en los años 60 que las proteínas a ser secretadas debían primeramente penetrar, desde el citoplasma, a un compartimento intracelular denominado retículo endoplasmático. En 1971, Günther Blobel (quien había hecho su entrenamiento post-doctoral con Palade) y David Sabatini (ambos en ese entonces también en la Rockefeller University) postularon la hipótesis del péptido señal según la cual en la síntesis de las proteínas se añadía un pequeño segmento que señalizaba la molécula y le daba un destino preciso, como una etiqueta.

Al año siguiente la hipótesis fue confirmada. Y en 1975 el mismo Blobel identificó el primer péptido señal. Ahora sabemos que estas señales están constituídas por una secuencia de 13 a 36 aminoácidos, que son las unidades con que se fabrican las proteínas. Una vez dentro del retículo endoplásmico, esta señal es cortada por una enzima específica, la peptidasa del péptido señal. El grupo de Blobel describió la estructura del canal por el cual penetra el péptido al retículo endoplasmáticoy el mecanismo por el cual el péptido señal es atraído hacia el retículo endoplásmico, algo así como la oficina de correos. Una "partícula reconocedora de la señal" (signal recognition particle, o SRP) se une al péptido señal apenas éste emerge de los ribosomas (las "máquinas" donde se sintetizan las proteínas). La SRP (con el péptido señal unido a ella) es reconocida por un receptor, anclado a la membrana que limita al retículo endoplásmico al que finalmente queda unida.

La idea básica de los experimentos de Blobel – que hace referencia a que toda proteína lleva en sí misma la información necesaria para llevarla a su destino final– resultó válida para todas las proteínas con los más variados destinos, aunque en cada caso la señal es distinta a aquellas que dirigen las proteínas al retículo endoplásmico.

Blobel revolucionó la Biología Celular y la convirtió en Biología Celular



Ribosomas vertiendo proteínas en una vesícula

Molecular. Lo que antes eran meras descripciones de fenómenos observados, debieron ser, desde Blobel, necesariamente acompañadas por una fundamentación molecular. Blobel nació en 1936 en Silesia, que en aquel tiempo pertenecía a Alemania y actualmente a Polonia. El 9 de Febrero de 1945 llegó junto con su familia a Dresden, huyendo del frente de guerra cada vez más cercano. Una de las cosas que más impactó al niño en esta ciudad fue la cúpula de la Iglesia de Nuestra Señora, la Frauenkirche, una de las joyas del barroco de Dresden. Cuatro días después, la Iglesia (como casi todo el núcleo histórico de la ciudad) fue destruída por el bombardeo aliado. Blobel (actualmente ciudadano norteamericano) ha decidi-

do donar el importe del Premio Nobel (960.000 dólares) al fondo para la reconstrucción de la Frauenkirche. Esta decisión no debería sorprendernos. El recorrer los trabajos de Blobel produce en el lector sentimientos muy parecidos a los que despierta el contemplar una auténtica obra de arte

Una reflexión final: el Premio Nobel conferido a Günther Blobel tiene un alto componente argentino. Compatriotas nuestros intervinieron en forma destacada en la formulación de la teoría del péptido señal y en su verificación. David Sabatini (actualmente en la New York University), co-formulador de la teoría del péptido señal, se recibió de

Corte transversal de una célula

médico en la Universidad Nacional de Rosario y fue colaborador estrecho del profesor Eduardo de Robertis en el Instituto de Biología Celular de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires hasta principios de la década de 1960. La primera comprobación experimental de la teoría del péptido señal vino del grupo de César Milstein en el laboratorio del Medical Research Council de Cambridge. En 1972, Milstein y Brownlee comunicaron que moléculas de inmunoglubulinas sintetizadas *in vitro* (en el tubo de ensayo) por ribosomas libres poseían, en un extremo, aproximadamente 20 aminoácidos que estaban ausentes de las moléculas maduras sintetizadas *in vivo*. Una indicación clara de la tragedia que acompañó a la ciencia argentina en el último medio siglo es el hecho de que las contribuciones de Sabatini y Milstein (ambos formados en nuestro país) fueron realizadas en el exterior.■

* *Investigador Superior del CONICET - Profesor Titular de Biología Celular, Instituto de Investigaciones Biotecnológicas - Universidad de San Martín*

UBATEC S. A.

Fundada en 1991

La compañía de transferencia de tecnología, consultoría y prestación de servicios, propiedad de la Universidad de Buenos Aires, el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, la Unión Industrial Argentina y la Confederación General de la Industria

UNIDAD ADMINISTRADORA

■ **Administra 400 Subsudios de Investigación Científica** otorgados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y el CONICET a Investigadores que desarrollan sus tareas en la Universidad de Buenos Aires. (Agencia: PICT 97, PICT 98, PID, IAI y PICTOs; CONICET: PIP 98 y PEI 98)

■ **Administra Servicios Universitarios** de la Secretaría de Extensión y Bienestar Estudiantil de la UBA:
Programa Centro Universitario de Empleo.
Programas de Capacitación del Centro Cultural Ricardo Rojas.
Programa de Cursos de Capacitación para Empresas e Instituciones.

■ **Administra el Programa de Auxiliares Vecinales** por Convenio entre el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y la Universidad de Buenos Aires

PROVEEDORA DE ASISTENCIA TECNICA

■ **Como Unidad de Vinculación Tecnológica**, pone el potencial tecnológico de la Universidad de Buenos Aires a disposición de PYMES y grandes Empresas y les provee Asistencia Técnica para:
Programa de Consejerías Tecnológicas FONTAR.
Programa de Crédito FONTAR.
Fondos de Promoción de la Ley 23877.

■ **Cursos de Capacitación "a medida" en las empresas** (tecnificación, informatización, entrenamiento técnico, etc.)
Proyectos PID de las convocatorias FONCYT.

PROMOTORA DE EMPRENDIMIENTOS DE BASE TECNOLÓGICA

■ **Producción:**
Incubadora de Empresas de Base Tecnológica (UBA-GCBA) En Constitución.
Parque Industrial de la Ciudad de Santa Fe de la Vera Cruz. En fase de preparación de la Licitación Internacional.

■ **Formación y Capacitación:**
Constitución de UBA-net S.A. (Universidad de Buenos Aires-TELECOM Italia, para la Educación Técnica a Distancia.

CONSULTORA

Utiliza el potencial de experticidad de la Universidad de Buenos Aires para ser utilizado directamente por organismos públicos.

Consultora para proyectos tecnológicos e industriales, construcciones y urbanizaciones, salud y asistencia hospitalaria, y reingeniería administrativa.

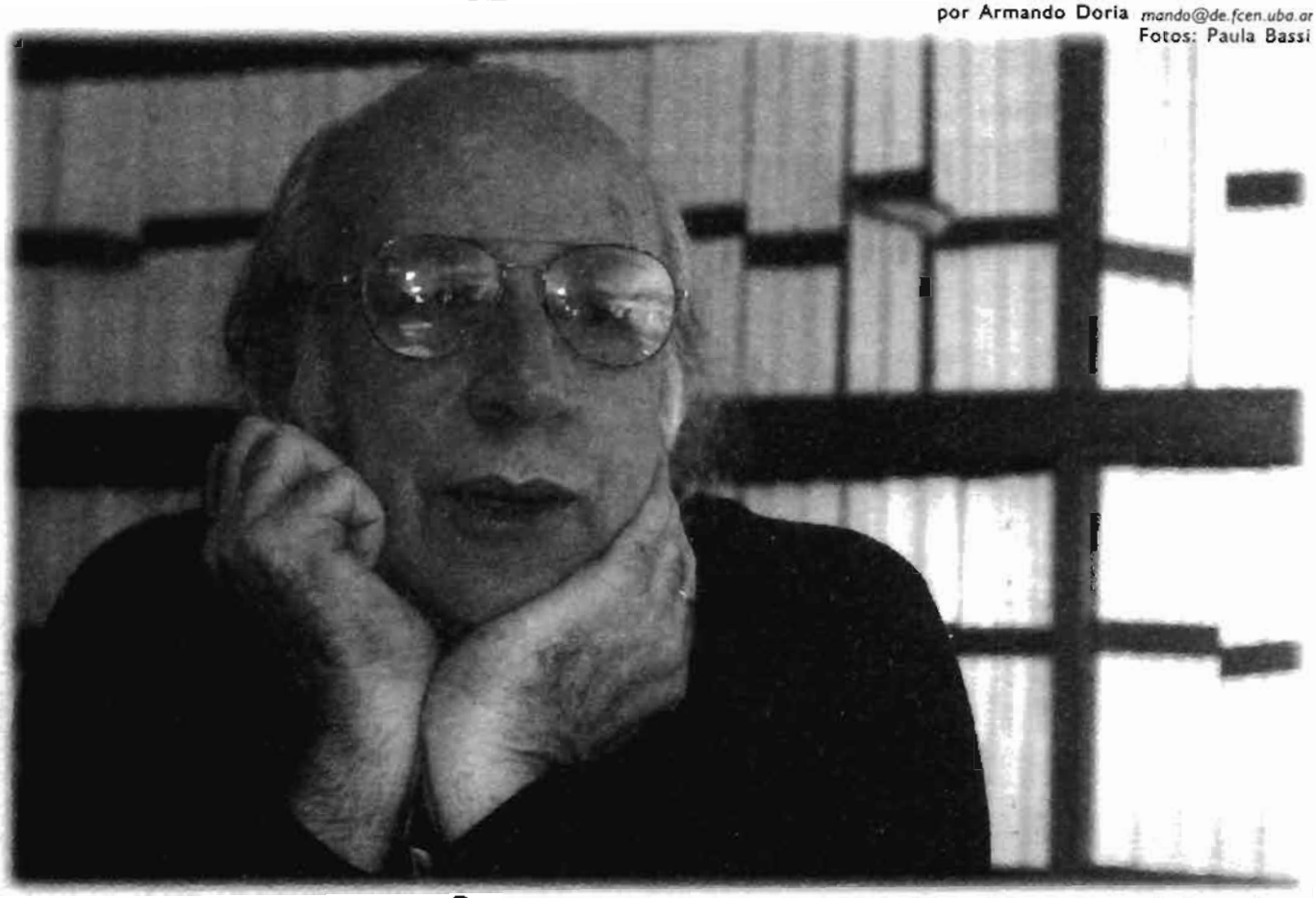
Consultora para estudios de preservación ambiental. Inscripta por RCEIA 101 de la Secretaría de Estado de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable

Arenales 1371 2° – C1061AAM Ciudad de Buenos Aires – Tel/Fax (54-11)4815-6473/4931 – Subsidios: (54-11)4816-7071/7172 – ubatec@correo.uba.ar

Patricio Garrahan

Volver para quedarse

por Armando Doria mando@de.fcen.uba.ar
Fotos: Paula Bassi



Miembro de una generación de investigadores de primer nivel, el doctor Garrahan fue uno de los pocos científicos que regresó a trabajar a la Argentina después de perfeccionarse en el extranjero. Desde su vuelta, en 1967, investiga en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA. Hoy se ha convertido en un referente obligado cada vez que la problemática científica está en el tapete.

Su padre fue uno de los médicos pediatras más importantes del país –de hecho, el hospital central de pedriatría lleva su nombre– y su abuelo un reconocido cirujano. Con semejante tradición familiar es difícil eludir las influencias: Patricio Garrahan no dudó en seguir la carrera de medicina. "En casa no fui compelido a nada, ni a estudiar una carrera determinada, ni a adoptar ninguna ideología particular. Tuve una formación liberal en el sentido tradicional del término", aclara el doctor Garrahan ante la posibilidad de que alguien sospeche que su elección no fue de pura voluntad.

–De todas maneras, se puede pensar que usted hizo algo de trampa a la tradición familiar, porque si bien es médico, se dedica a la investigación.

–Me recibí en el 60, me dediqué a la pediatría hospitalaria y luego opté definitivamente por la carrera de investigador. En la época de Frondizi, durante los veranos, el Ministerio de Salud contrataba gente para tratar la diarrea infantil. Esa es una enfermedad espectacularmente dependiente del conocimiento de la distribución de agua en el organismo y de fisicoquímica de soluciones. El chico se muere o se salva en pocas horas si se le hace o no la reposición adecuada de aquello que el organismo no puede compensar. Yo me pasé dos veranos haciendo ese trabajo y ahí comenzó a interesarme el tema de la distribución de agua y sales disueltas en el organismo, que era aquello que había que dominar. Además caí en que, para entender eso, tenía que

entender los fenómenos de transporte a través de las membranas biológicas, y como en el país había poca gente dedicada al tema, pedí una beca para ir Cambridge.

–Estaba muy seguro de su vocación.

–Claro. Y nunca me arrepentí. Me hubiera resultado muy fácil dedicarme a la práctica médica con los antecedentes de mi padre, ya que hubiera heredado su consultorio.

–¿Cómo recuerda a su padre?

–Papá era un gran médico, de los que no hay, de los que faltan hoy día, de aquellos médicos que eran capaces de entender al paciente y no solamente la enfermedad. Gran parte de sus éxitos fueron consultas de temas no resueltos, basados no tanto en su sabiduría médica sino más bien en su sentido común y su comprensión de la gente. Murió prematuramente, y no lo digo por su edad sino porque todavía permanecía muy activo. Uno de los hechos dolorosos de mi vida como científico fue la muerte de mi padre. Yo estaba en Cambridge como becario del Conicet y allí recibí la noticia de su muerte. La última vez que lo vi fue desde la cubierta del barco que me llevó a Inglaterra, alejándose mientras caminaba junto a mi madre.

–Usted destaca que vivió en una casa muy liberal. ¿Se mantiene presente ese legado?

–Muy presente. Vivíamos en una casa muy literaria, con una buena cantidad de libros, y mi amor por la lectura es algo que aprendí allí. Otra cosa que aprendí fue a sentirme miembro de una universidad. Y lo más importante fue conservar el respeto y tolerancia por los demás, independientemente de lo que piensen.

> *Quienes volvimos del extranjero nos encontramos con el inevitable problema del aislamiento.*

–¿Cómo se conjuga la formación humanística con la científica?

–Por ejemplo, en el hecho de que esa distinción típica que hay en la Argentina entre las ciencias duras y las blandas, yo no la siento tan así y me resulta difícil entender a un científico sin formación general. Eso también lo mamé en Cambridge, en donde convive gente de diferente formación y eso obliga a tener capacidad de diálogo con quien no tiene nada que ver con la disciplina propia. Estoy seguro de que la formación humanística es muy importante para esta profesión.

–Después de su período en Cambridge volvió a la Argentina para trabajar en la Facultad de Farmacia y Bioquímica. ¿Cómo fue la vuelta?

–Fue muy especial porque mantenía el sueño de un país con una base científica sólida. Éramos toda una generación de científicos que podríamos haber constituído algo muy fuerte. Estaban Marcelino Cereijido, Enrico Stefani, y muchos más. La mayor parte de ellos ahora está trabajando en el exterior y, con ellos, también sus discípulos. Creíamos que a la Argentina no le faltaba mucho para convertirse en un país desarrollado y que la distancia que nos separaba de los países centrales era salvable. Quienes nos perfeccionamos en el extranjero en los años 60 y después volvimos, lo que encontramos fue el inevitable problema del aislamiento. Pero el tipo de tecnología y la forma de trabajo que habíamos aprendido en lugares de avanzada se podía realizar acá, y por lo tanto era una evidencia de que estábamos cerca del desarrollo. Posteriormente vivimos cómo ese sueño se fue extinguiendo.

–¿Usted nunca pensó en ir a trabajar al exterior?

–Tuve muchas ofertas y lo pensé muchas veces.

–Pero se quedó.

–Y es muy difícil. A mí me da vergüenza decir lo siguiente, pero lo voy a decir. Me creía un miembro de la clase dirigente. No me refiero a miembro de una oligarquía o una elite sino que yo creía deberme al país. Ese fue el factor que me hizo decir: "esperemos a que lleguen épocas mejores". Y después pasa el tiempo y se hace muy tarde.

–Entonces se arrepiente de haberse quedado.

–A veces sí. Pero, de todas maneras, uno no puede saber cómo le hubiera ido afuera.

–¿Cree realmente que le hubiera podido ir mal?

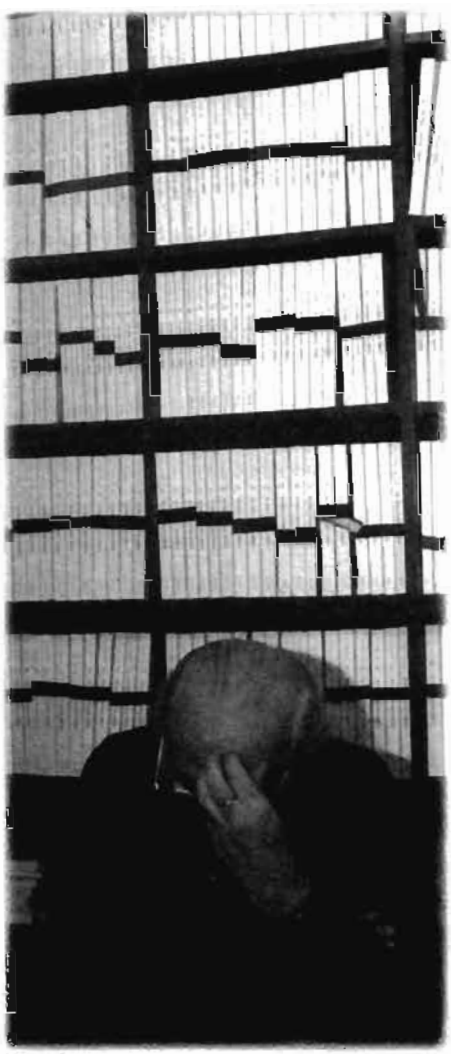
–No, creo que me hubiera ido bien.

–¿Qué cosas no lo hacen arrepentirse de estar investigando en el país?

–Lo que mi grupo hace en la Argentina es competitivo a nivel mundial y ese es un motivo de orgullo. Cuando uno se para a presentar un trabajo en un congreso internacional, el hecho de que el expositor sea de un país periférico o central es irrelevante. Uno no puede decir: "disculpen lo que estoy mostrando pero tengo poca guita, porque el subsidio no llegó". Y creo que en general hacemos muy buen papel a nivel internacional.

–¿Por qué cree que se desmoronó aquel sueño de sus primeros años de investigador?

–Creo que la sociedad argentina abandonó una idea que tuvo durante mucho tiempo, con distintas variantes, que era la de que podíamos ser un país importante. Se abandonó por una posición cómoda de dejar que los de afuera se encarguen de hacer todas las cosas importantes. Es una idea suicida que está más arraigada en la Argentina que en Chile, Brasil o México. De manera que, a lo triste y doloroso que significa ser un



país periférico, se le suma el hecho de que los dirigentes creen que lo importante debe venir de afuera. Y muchas veces aducen razones de presupuesto y eso no es cierto porque el nivel de inversión que se requiere en la Argentina para un crecimiento sostenido de la ciencia es relativamente chico.

–¿Qué política científica considera correcta?

–Para comenzar, nadie nunca ha calculado cuánto cuesta un sistema científico razonable, y nadie ha calculado cuánto cuesta hacerlo crecer hasta tener un número de científicos compatible con la población. Si Argentina tuviera el mismo porcentaje de científicos que un país avanzado tendría que tener unos 70 mil y no 5 mil, como en la actualidad. Lo siguiente, y que me parece fundamental, es abandonar los sistemas escalafonarios gerontocráticos que caracterizan a la mayor parte de la actividad científica y universitaria argentina. Es necesario hacer una apuesta al mérito más que a la trayectoria: el científico argentino está envejecido. Si uno ve cómo funciona el sistema en países en dónde la ciencia es exitosa, verá que el mérito es mucho más poderoso. Una vez que alguien joven demostró ser bueno, rápidamente es captado y promovido. Y hay algo más, que es asumir la ciencia no como un hecho individual sino como una tarea de grupos interdisciplinarios que se forman transitoriamente para desarrollar algo en concreto.

El único científico entrevistado por el gobierno fue César Milstein, un argentino que es ciudadano británico desde hace 30 años.

–¿Considera que esta crisis se puede revertir a corto plazo?

–No. Estoy sumamente preocupado por la situación actual. Con la asunción del nuevo gobierno, que contó con el apoyo de una parte sustancial del electorado científico, que lo votó con esperanzas, nos encontramos con una total falta de información y con acciones totalmente periféricas a la ciencia, como el desarrollo de Internet o un énfasis en la ciencia como pie para la innovación productiva. Las dos cosas son importantes pero secundarias, y no funcionan si no hay una base científica amplia.

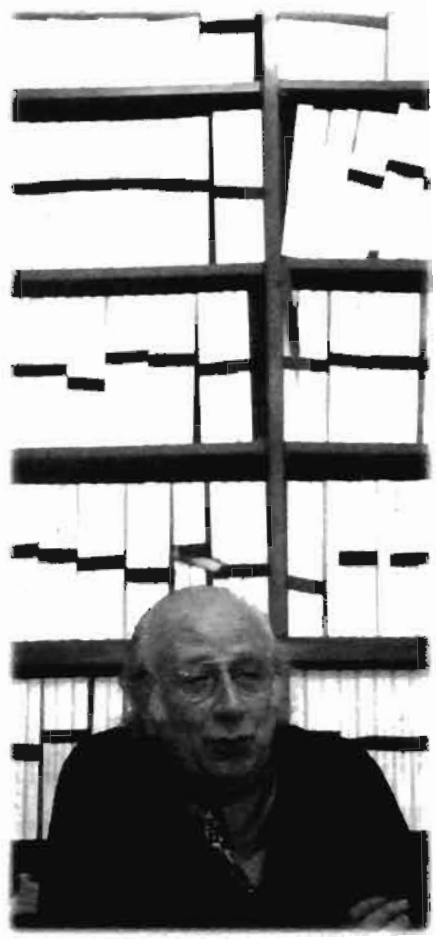
–Sus críticas llegaron a los medios y

al gobierno. ¿Qué recogió de ellas?
–De parte de mis colegas, recibí apoyo, pero desde el gobierno no obtuve respuesta, aunque en este momento se nota un pequeño cambio, como la constitución de ese minigabinete ministerial. Pero no deja de ser triste que, a los cinco meses de asunción, el gobierno tenga que ponerse a pensar qué diablos tiene que hacer con la ciencia. Yo estoy con bronca. Tenía otras expectativas.

–¿Usted tuvo algún ofrecimiento de la actual gestión?
–Yo veía con simpatía a la Alianza y esperaba poder colaborar, pero no tuve ofrecimientos. Y no soy un buscador de ofrecimientos.

–¿Colaboraría en este momento?
–Puede ser, pero antes de asumir cualquier responsablidad preguntaría más de lo que hubiera preguntado antes.

–¿La realidad universitaria es muy distinta a la científica?
–No, también es complicada. La universidad argentina está necesitando una reforma. En primer lugar, el sistema de legislación y financiamiento universitario está basado en que todas las universidades son iguales y eso es falso. Hay universidades grandes con mucha tradición, como Buenos Aires o Córdoba, y otras pequeñas y recién creadas, en las que no tiene sentido fijar el mismo tipo de gobierno. En segundo lugar, creo que la universidad está todavía muy orientada a la formación de las profesiones clásicas, lo que le da a sus políticas una orientación muy inmediatista a las necesidades del profesional y una fuerte fragmentación estructural. Esas dos cosas hacen que la curricula universitaria sea muy rígida. Los chicos entran a la universidad a una edad en que la vocación todavía no está muy definida y tienen que optar por una carrera rígida. Creo que eso debería cambiar por un ciclo inicial donde haya distintas orientaciones.



PING - PONG

Dante Caputo: Un pedante.
Juan Carlos Del Bello: Ganas de hacer con soberbia.
Pablo Jacovkis: Me gusta.
Mario Albornoz: Un buen tipo.
Oscar Shuberoff: La universidad merece algo mejor.
Domingo Cavallo: No me gusta para nada.
Aníbal Ibarra: Por ahora está en la lista de los buenos tipos.
Fernando De la Rúa y Chacho Alvarez: Por ahora, como Ibarra, siguen en la lista de los buenos tipos.
Carlos Menem: Es el símbolo de todo lo que no tiene que ser la Argentina.

–Usted es parte del comité editorial de la revista Ciencia Hoy. ¿De qué manera considera que este medio colabora con la ciencia y la educación?
–Creo que Ciencia Hoy cumple con una función importante: muestra que la ciencia no es algo maravilloso que se hace en otros lugares del mundo y que sólo es accesible a los científicos argentinos que van a trabajar a esos lugares. Si uno lee los diarios o ve la televisión, en general se encuentra con programas que se refieren a altas tecnologías, algunas de ellas de muy escaso interés para el país, presentadas como maravillas. Y cuando vienen noticias de científicos argentinos, generalmente es de aquellos que trabajan fuera del país. La entrevista de Chacho Alvarez con César Milstein es un buen ejemplo: el único científico entrevistado por el gobierno es un argentino que es ciudadano británico desde hace 30 años. Nuevamente está presente la idea de que la ciencia es algo maravilloso que se hace afuera.

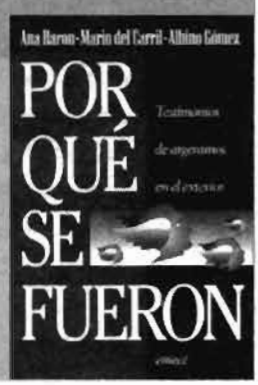
–¿Cree que la visita de Milstein aportó algo a la ciencia nacional?
–El eco que tuvo indica que un sector importante de la sociedad piensa en la ciencia como algo importante. Pero yo no sé hasta que punto la opinión pública no ha sido paralelamente convencida de que todo eso corresponde a los países desarrollados, que primero hay que arreglar la economía y recién entonces vamos a poder hacer ciencia.

–¿No cree que se reconozca a los investigadores locales?
–Para nada. En una época alguien decía que era científico y lo miraban con admiración; ahora dice que es científico y lo miran con lástima.

Ilustres expatriados

Por qué se fueron

Ana Baron, Mario del Carril y Albino Gómez
Buenos Aires, 1995
EMECE,
432 páginas



Camino a la universidad

Curso de nivelación de MATEMATICA

Domingo Tarzia
Santiago de Chile, 2000
Mc Graw Hill, 384 páginas

Yo sé que tú sabes

El universo de la FISICA

Hernán Miguel
Buenos Aires, 2000
CCC Educando, 232 páginas

Luis Bentolila, Mario Bunge, César Milstein, Ray S. Crampton, Octavio Aceves, Juan Méndez, César Pelli, Virginia Barreiro, Adolfo I. de Bold, Aldo Cammarota, Jacobo Timerman, Héctor Alterio, y siguen los nombres.

¿Por qué tantos argentinos notables emigraron de la patria? A mediados de este siglo comenzó a producirse una emigración creciente de profesionales, técnicos, científicos, intelectuales y artistas. La inseguridad política y económica fue la causa principal de esta dolorosa fuga de talentos, alimentada por persecuciones ideológicas o por la simple atracción de las condiciones de trabajo y el mejor nivel de vida de otros países. Este libro reúne treinta y seis reportajes a argentinos residentes en el exterior, entre ellos varios nombres destacados en la ciencia y la cultura.

Al explicar "por qué se fueron" los entrevistados ofrecen una radiografía reveladora de la Argentina. Entre la nostalgia apasionada y la crítica severa, sus testimonios resultan una suerte de espejo que refleja un perfil distinto de nuestra sociedad.

Ana Baron, Mario del Carril y Albino Gómez han vivido casi la mitad de sus vidas afuera, en contacto asiduo con las colonias de argentinos en el mundo. Desde su especial perspectiva, han sabido rescatar con acierto una dimensión ignorada de la realidad argentina.

Para los que están convencidos que nuestra instrucción secundaria no es suficiente para iniciar –al menos sin tropiezos- una carrera universitaria, Domingo Tarzia pone a su alcance este texto-manual que él mismo experimentó durante muchos años en sus cursos pre-universitarios para carreras empresariales.

El libro recorre la parte más sustancial del álgebra, la teoría de los números y las funciones, partiendo de los elementos más rudimentarios y alcanzando la solidez debida de la disciplina, cubriendo así casi todo el espectro de conocimiento y habilidades (sin incluir el análisis matemático, ni en teoría ni en cálculo) que la exigencia universitaria impone.

El mayor logro de esta obra -casi un "crudo" salido del laboratorio de Tarzia- es el acompañamiento que de cada capítulo hace una "guía de trabajos prácticos" y una serie de "trabajos prácticos especiales". En ellas el lector encontrará no sólo la profusión necesaria de ejercitación para el aprendizaje sino también una originalidad en la elección y construcción de ejercicios pocas veces visto, convirtiéndose así en una obra apetecible no sólo para el estudiante sino para el docente de matemática que busca nuevas formas y estrategias de ejemplificar y ejercitar en sus clases.

Este libro forma parte de una obra proyectada para abarcar los contenidos de cada año del ciclo Polimodal. En este primero se abarcan temas centrales como mecánica, dinámica y gravitación.

Lo interesante de esta propuesta es que, a través de distintas actividades se trata de llegar al aprendizaje a través de la comprensión y el pensamiento del alumno y no mediante el método memorístico clásico.

Para esto no se limita a explicar clara y conceptualmente los temas específicos sino que los ubica en el contexto histórico social de su desarrollo y utiliza, a través de las secciones "Yo sé que sabes...", los conocimentos previos de los alumnos como punto de partida para las discusiones. Además se incluyen propuestas de actividades y talleres que abren el estudio de la Física a otros contextos de aplicación, que no son simples ejercicios donde el planteo de un problema se hace sólo para llegar a una solución o para aplicar una teoría o una fórmula.

En los distintos capítulos se puede encontrar explicaciones claras y amenas, donde se recurre a ilustraciones, fotos, recuadros, colores y también al toque humorístico.

En síntesis, es una obra apta tanto como guía para el profesor como para el trabajo directo de los alumnos.

Excelencia es laburar

Ultimamente se repite hasta el hartazgo la palabra «excelencia». No solamente se la utiliza en el ámbito académico, sino que se ha hecho una costumbre general. En la Argentina la moda recién empieza, pero paseando por México encontré que la palabrita ha hecho estragos. En un museo antropológico de la ciudad de Puebla he visto una vitrina sobre el arte tolteca denominada «cerámica de excelencia». Una empresa de radio taxis se llama simplemente «Excelencia», el CONACyT (versión mexicana del CONICET) trae investigadores del exterior por medio de las «cátedras de excelencia». Extrañamente, un servicio de lunch y banquetes ofrece «exelencia». Contradicciones de la ortografía... Hay pastelería, ingeniería civil, medicina, odontología y servicios de limpieza de excelencia. Nadie se animará a salir a la calle con el auto muy bien lavado, si puede contratar una aspiración, pulido y encerado de excelencia.

Recuerdo que en mis años de primaria, «Excelente» era la nota que le ponían a pocos cuando sus trabajos eran insuperables. Pero había muchos casos de «Muy Bueno» y «Bueno», que no eran tan grandilocuentes, pero uno se los podía mostrar sin vergüenza a los padres.

Ya en la carrera universitaria nos cansamos de presenciar clases buenas y muy buenas. Esto hizo elevar nuestros estándares de tal modo que hoy sólo pretendemos, aceptamos y saludamos la verdadera y pura excelencia.

Cuando algún tiempo más tarde entramos a hacer nuestro trabajo de investigación, nos dimos cuenta que prácticamente nadie hacía mala o regular investigación científica. Muchos tuvimos una crisis debido a las inmensas posibilidades diferentes de hacer buena o muy buena investigación. Fue en ese momento cuando resolvimos la crisis escogiendo la simple y pura excelencia, que seguramente seguimos practicando, de tal modo que nos daría gusto poder mirar con desdén el buen o muy buen trabajo que todos los demás hacen. No lo hacemos porque la humildad es parte de nuestra excelencia.

Esta proliferación de las buenas y muy buenas ideas, que hoy las hace parte del paisaje, debe ser la causa más profunda del indudable boom económico, social y político que vive nuestra sociedad. En la investigación académica, los buenos y muy buenos proyectos ya no deberían ser fomentados, debido a que son lo común, lo esperable, lo normal. Más bien deberíamos dedicarnos a detectar y escoger la excelencia. Afortunadamente, no hay pésima, mala o regular investigación científica en nuestro país. Pero hay un pequeño peligro. En el ámbito académico, tanta excelencia nos está haciendo perder de vista algunos temas importantes, tal vez paradigmáticos:

- ¿Qué podemos hacer con los docentes e investigadores que no son excelentes, sino tan sólo buenos o muy buenos?
- ¿Será cierto que ya no hay nadie que hace ciencia pésima, mala y regular?
- ¿Será cierto que ya no hay nadie que vive del trabajo y las ideas de otros?
- ¿Será cierto que ya no hay nadie que utiliza su poder para quedarse en su cómodo lugar mientras otros se matan por ser reconocidos mínimamente?
- ¿Será cierto que no hay nadie que cobra y no trabaja?
- ¿No será que en el afán de excelencia a toda costa, cambiamos el significado de las palabras, y es así como se llenó de «excelentes», mientras desaparecían de la lista los «malos» y «regulares»?
- ¿Y no sería tal vez más honesto, más acorde con nuestra realidad, que empecemos a fijarnos en todos los buenos y muy buenos, en los que trabajan, en los que sin llegar a la excelencia, ya casi falta de significado, cumplen su tarea de manera más que decorosa?
- ¿Y no sería también más productivo, que empezáramos a mirar hacia adentro, para ver si todos cumplen con lo que dicen que hacen?
- ¿O tal vez habrá, como a veces se llega a comentar en los pasillos, gente que roba ideas, roba subsidios o roba *papers*?

O tal vez, para ser un poco más humildes, habría que volver atrás el cambio de escala que poco a poco fuimos haciendo. Y entonces tal vez empecemos a ver la gran distancia que hay entre los muy buenos o buenos, aunque no sean excelentes, respecto de los que nada hacen , o hacen daño.

Excelencia es laburar.

Dr. Roberto Etchenique

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

CARRERAS DE GRADO

BIOLOGÍA
COMPUTACIÓN
QUÍMICA
FÍSICA
MATEMÁTICA
GEOLOGÍA
CS. DE LA ATMÓSFERA
OCEANOGRAFÍA

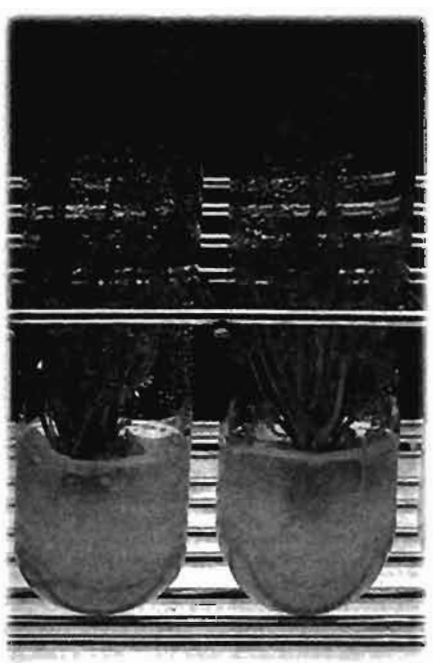
Ciudad Universitaria
Pab. II, C1428EHA,
Capital Federal
Tel.: 4576-3300 al 09
Fax.: 4576-3351
http://www.fcen.uba.ar

Polémica mundial por los alimentos transgénicos

Las semillas de la discordia

por Fernando Ritacco*

Las novedades agrícolas producidas como consecuencia de las aplicaciones agronómicas de la biotecnología han generado en la sociedad un debate de visiones contrapuestas. Mientras algunos resaltan las ventajas productivas y ecológicas de los cultivos genéticamente modificados, otros, en cambio, aunque no existan pruebas científicas que lo avalen, plantean dudas sobre su aparente inocuidad. ¿Los consumidores tendrán la última palabra?



En las últimas décadas, en nuestro país, como en gran parte del mundo, la manera de hacer agricultura ha venido cambiando aceleradamente. De la era mecánica, allá por los años 50, se pasó a la tecnológica, en la que la difusión de semillas mejoradas, la optimización en el uso de los agroquímicos o la disminución de las labranzas, por citar sólo algunos ejemplos, permitieron, entre los 70 y los 80, un mejor aprovechamiento de los recursos vegetales y del suelo.

Pero fue después de mediados de los 80 cuando la aparición de las primeras plantas transgénicas, obtenidas mediante ingeniería genética (ver EXACTA*mente* nro.12), iniciaron el más impactante período de transformación de la actividad, la denominada era biotecnológica.

Desde ese momento, los investigadores lograron identificar y aislar genes -segmentos de ADN- que codifican la información para la síntesis de una sustancia útil de un organismo y los insertaron en otros individuos, incluso saltando la barrera de las especies.

Luego, estos ejemplares comenzaron a transmitir a sus descendientes no sólo la información genética propia, sino también aquella que se encontraba en la porción de ADN agregada que, para entonces, ya se había convertido en parte del acervo genético de la especie modificada. Así fueron naciendo las plantas insecticidas, las resistentes a los herbicidas o las inmunes a ciertas enfermedades.

«La adopción de este tipo de cultivares permite una mayor productividad, facilidad de manejo, menor costo de producción y un incremento en el cuidado del medio ambiente», afirma el doctor Alejandro Mentaberry, del Instituto de Ingeniería Genética y Biología Experimental (INGEBI) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

En efecto, de acuerdo con sus características, al disminuir la necesidad de plaguicidas y herbicidas y facilitar una aplicación más selectiva de los productos químicos, los vegetales transgénicos logran aumentar el rendimiento de las cosechas a la par que disminuyen la degradación de los recursos naturales del planeta.

Preocupación

Sin embargo, a pesar de las ventajas enunciadas, algunos grupos ambientalistas y los países integrantes de la Unión Europea (UE) se oponen a ellos. La mayoría de los eurodiputados ha recogido la inquietud de consumidores y defensores del medio ambiente que se hallan preocupados por las posibles reacciones alérgicas que podrían desatar estos productos o la eventual introducción a la cadena alimentaria de variedades resistentes a los antibióticos, lo que llevaría a poner en peligro la eficacia de estas sustancias contra las enfermedades infecciosas.

El principal reclamo es la falta de un etiquetado que identifique claramente a los productos transgénicos para que el consumidor logre reconocerlos y de esta forma pueda ejercer su opción de adquirirlos. Aparentemente, mientras este requisito no sea cumplido, la UE decidió no autorizar la venta de este tipo de alimentos en sus mercados.

La opinión de un Premio Nobel

Norman Borlaug, premio Nobel de la Paz en 1970 y padre de la llamada «Revolución Verde», un conjunto de tecnologías de mejora y selección de semillas que permitieron paliar el hambre en varios países del Tercer Mundo, se refirió a la biotecnología y a los cultivos transgénicos, a los que en cierto modo considera herederos de sus trabajos pioneros.

«La población mundial crece a un ritmo de casi 90 millones de personas por año. Para hacer frente a semejante demanda de alimentos se requiere emplear la mejor herramienta posible, la biotecnología, que permite incrementar el rendimiento de todos los cultivos básicos sin utilizar más terrenos que los que ya son aptos para la agricultura, dejando las demás zonas con su vegetación natural para evitar los riesgos de erosión, inundaciones y mermas en la biodiversidad.»

«Todas las técnicas nuevas generan cierta resistencia por parte de algunos sectores de la sociedad. Ahora sucede con las plantas transgénicas, pero también ocurrió en los años 60 cuando mi equipo desarrolló, con técnicas de mejora genética más tradicionales, una variedad de trigo que se adaptaba muy bien a diferentes ambientes y climas y que acabamos donando a toda América y a países como la India, China y Pakistán.»

«La mejor protección para que las semillas transgénicas no queden exclusivamente en manos de unas pocas empresas es la ciencia académica. Debe impulsarse la investigación en el sector público, financiada por los gobiernos y llevada a cabo sin la intervención de firmas privadas»

La medida disgustó a los Estados Unidos, el principal exportador de productos genéticamente modificados, y podría generar un serio problema para la economía de la Argentina, donde casi el 80 por ciento de la soja cultivada, su principal cosecha de exportación, ha sido transgenizada para conferirle resistencia al glifosato, un herbicida de amplio espectro y baja toxicidad, en tanto continúa creciendo -aunque de manera más lenta- la superficie destinada a la producción de maíz y algodón transgénicos resistentes a algunas de las plagas que los atacan.

Hipocresía y desconocimiento

«La decisión de los europeos delata una enorme hipocresía», señala Eduardo Leguizamón, presidente de una importante compañía internacional dedicada a la comercialización de granos y semillas en la Argentina. «¿Por qué no se exige también un etiquetado que detalle cuáles son los pesticidas tóxicos que se emplean en la fumigación de la soja tradicional?», se pregunta el ejecutivo.

Lo cierto es que el debate sobre la comercialización de alimentos manipulados genéticamente no resulta tan novedoso. Desde hace ya varios años los gobiernos de la UE vienen ocupándose de la individualización de estos productos debido, según dicen, a una fuerte demanda de la población por saber qué consumen.

En cambio, en los Estados Unidos, al menos hasta hace muy poco tiempo, eran escasos los habitantes que demostraban algún grado de inquietud por la posible manipulación genética de los alimentos que ingerían. En el país del norte, más de la mitad de la cosecha de soja y alrededor de una tercera parte del maíz son de origen transgénico, pero probablemente pocos consumidores norteamericanos sepan que en los copos de cereales de una de sus compañías alimenticias predilectas, que en el pan de una de sus más famosas cadenas de hamburgueserías, o que en el contenido de una de sus bebidas cola preferidas -por citar sólo algunos ejemplos- se hallan ingredientes que provienen de cultivos cuyos genes han sido biotecnológicamente alterados.

Confianza

Quizás la poca resistencia de los estadounidenses hacia este tipo de productos se deba a la confianza que tienen depositada en su Administración de Alimentos y Medicamentos, la FDA, quien desde hace casi 8 años determinó que los cultivos transgénicos son prácticamente idénticos a los tradicionales y que su ingesta, por lo tanto, no representa ningún riesgo para la salud de la población. Es más, desde ese país se acusa a la UE de aplicar medidas restrictivas debido a su retraso en la vertiginosa carrera biotecnológica emprendida en la década pasada.

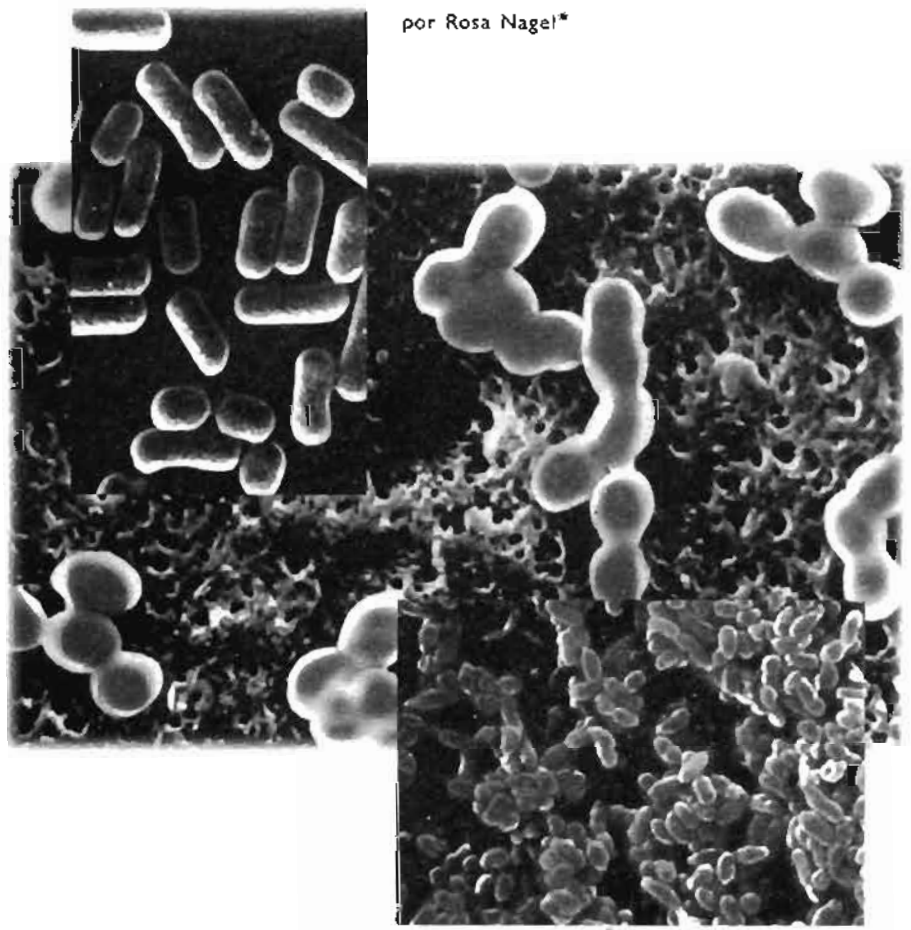
Entre tanto, en la Argentina, mientras diversas organizaciones ecologistas reunidas en la Red Alerta Sobre Transgénicos demandan ante la Defensoría del Pueblo de la Nación el etiquetado de estos productos junto con una moratoria que impida nuevas liberaciones de cultivos genéticamente modificados, científicos como el doctor Esteban Hoop, del Instituto de Biotecnología del INTA-Castelar, recalcan que «todas las plantas transgénicas desarrollados en nuestro país fueron aprobadas tras rigurosos exámenes de expertos investigadores y hasta la fecha no existe ni una sola evidencia científica que demuestre que son nocivas para la salud humana o para el medio ambiente».■

* Coordinador del Centro de Divulgación Científica IIB - FCEyN.

La teoría de la evolución monitoreada en el laboratorio

3500 millones de años en un tubo de ensayo

por Rosa Nagel*



La biodiversidad que muestran los organismos en la actualidad es la resultante de procesos evolutivos que se iniciaron con la aparición de la vida hace unos 3500 millones de años. ¿Cúales son los mecanismos por los cuales ocurren los cambios evolutivos? ¿Qué papel juega la historia, el azar y el medio ambiente? El seguimiento de cultivos de bacterias en el laboratorio durante miles de generaciones permite abordar experimentalmente, en poco tiempo y en el laboratorio, muchos de estos interrogantes.

¿Cómo se generó la gran diversidad de formas biológicas que conocemos en la actualidad? Se estima que la vida se inició en la Tierra hace alrededor de 3.500 millones de años. El salto cualitativo más grande, que es la aparición de las primeras células con núcleo, ocurrió tan sólo 1.000 millones de años atrás. La aparición de la vida multicelular, la diversificación en un enorme número de especies diferentes, habría ocurrido en un breve lapso, hace 500 millones de años. Así tenemos hoy más de un millón de especies descriptas, desde las bacterias hasta las ballenas, con infinidad de formas intermedias. A eso llamamos biodiversidad.

Uno de los grandes interrogantes de la biología son los mecanismos evolutivos responsables de la generación de la biodiversidad. La teoría ampliamente aceptada por los biólogos para explicar la evolución es la neo-darwinista, básicamente establecida por Charles Darwin en el siglo pasado y afinada en el presente. Según la misma, los organismos mutan, es decir modifican espontáneamente su material genético, y el medio ambiente selecciona las formas mutantes que mejor se le adaptan. Sin embargo frecuentemente se cuestiona si el proceso de mutación espontánea acompañado por la selección natural es suficiente para explicar los grandes cambios evolutivos observados a través del tiempo y que conducen a la biodiversidad actual.

Muchos investigadores tratan de responder a estos interrogantes mediante estudios con microorganismos. Si bien estos no presentan la complejidad de los organismos multicelulares constituyeron, y siguen constituyendo el componente más importante de la biosfera. Aún siendo formas de vida relativamente simples, las bacterias han continuado su evolución y con gran éxito: ocupan dominios más amplios que cualquier otro

grupo de organismos, son altamente adaptables y muestran en sí mismas una enorme diversidad. Por otro lado, el empleo de organismos simples no impide abordar problemas complejos. Los estudios con microorganismos han permitido develar los mecanismos moleculares básicos de procesos tales como la mutación o la regulación genética.

La mutación en su sentido más amplio implica cambios en el ADN, las moléculas responsables de la información hereditaria formadas por larguísimas secuencias de pequeñas unidades como cuentas en un collar. Por término medio, el ADN de una bacteria puede tener 5.000.000 de estas unidades, llamadas bases. En estos últimos años se han estudiado las condiciones de mutabilidad del material genético buscando la comprensión de su rol como uno de los mecanismos básicos en la evolución de los organismos. Así se ha evidenciado, por ejemplo, que ciertas condiciones ambientales o fisiológicas de estrés generan hipermutabilidad en ciertas partes del genoma.

Las bacterias, por presentar tiempos de generación muy cortos, permiten hacer el seguimiento de miles de generaciones en períodos reducidos. Y por ser organismos relativamente simples es posible hacer un control y un seguimiento de los cambios visibles e inaparentes -fenotípicos y genéticos- que se van produciendo.

Toda una historia

En el laboratorio del biólogo Richard Lenski, en Michigan, Estados Unidos, se mantuvieron en crecimiento 12 cultivos paralelos de una bacteria denominada *Escherichia coli*. Los cultivos, iniciados con la misma línea bacteriana, fueron transferidos diariamente a un medio fresco para su multiplicación, durante 10 años. En este lapso transcurrieron, aproximadamente, unas 25.000 generaciones de bacterias. Nótese que este tiempo equivaldría a 500.000 años de generaciones humanas. Durante esos 10 años se guardaron periódicamente muestras de los cultivos para su análisis; siguiendo la comparación, esto equivaldría a reunir los restos fósiles de organismos encontrados en distintos estratos geológicos. Con estos cultivos, ya sea manteniendo las mismas condiciones ambientales o modificándolas, se pudieron monitorear los cambios que ocurrieron a nivel del genoma, los cambios en capacidad reproductiva, los cambios morfológicos, etc. Estos estudios tienen por objeto la comprensión del efecto de la historia de un organismo, del azar y de la adaptación, en la evolución y el conocimiento de los mecanismos moleculares subyacentes.

Estos ensayos permitieron plantear con bases objetivas las siguientes preguntas: ¿es reproducible la evolución?, ¿dadas idénticas condiciones iniciales, la evolución procede siempre por el mismo camino? Diferentes trabajos basados en el seguimiento de cultivos paralelos de microorganismos durante numerosas generaciones, en distintas condiciones, han arrojado alguna luz sobre estas cuestiones. Las bacterias de los cultivos antes mencionados llevados a cabo por Lenski se habían hecho crecer bajo una concentración limitante de glucosa, el alimento esencial de estos bichos. En estas condiciones las bacterias aumentan su capacidad reproductiva para este medio: disminuye el tiempo de iniciación de la replicación luego de la transferencia del cultivo y disminuye el tiempo de generación, hasta alcanzar un valor óptimo para las condiciones dadas. Michael Travisano y el propio Lensky estudiaron la respuesta de los cultivos frente al cambio de la fuente de alimento, por ejemplo glucosa por lactosa o fructosa, luego de 20.000 generaciones de estar creciendo sobre glucosa. Observaron que los organismos provenientes de cultivos paralelos idénticos mostraban una gran variación en la respuesta a los diferentes azúcares: algunos crecían bien, otros en cambio, con dificultades. De ello se concluyó que los diferentes linajes pueden evolucionar por diferentes vías frente a un mismo cambio. Existiría más de una solución biológica para la adecuación a un cambio de medio ambiente y por ello aparecen diferentes respuestas frente a los cambios.

Travisano estudió el comportamiento de cultivos paralelos de bacterias adaptadas durante 1000 generaciones a crecer sobre glucosa y luego transferidas a un medio con maltosa, otro azúcar diferente. Los cultivos variaron enormemente en su respuesta a la maltosa; algunos crecieron bien, otros igual y otros peor. Esta variabilidad de respuesta al cambio revelaba que las bacterias se habían adaptado al crecimiento sobre glucosa por distintas vías. A su vez, en el experimento inverso, cuando cultivos

paralelos adaptados durante 1.000 generaciones a crecer sobre maltosa se transfirieron a un medio con glucosa, se observó que todos se adaptaron de manera similar al crecimiento sobre el nuevo azúcar. La adaptabilidad al crecimiento sobre maltosa está fisiológicamente condicionada a uno o a lo sumo unos pocos caminos metabólicos de modo tal que todas las poblaciones siguieron una misma vía evolutiva de adaptación al nuevo azúcar y por ende mostraron igual comportamiento adaptativo frente al cambio a glucosa. La asimetría en las respuestas de estos experimentos indica que los cambios en el ambiente pueden tener efectos diferentes en la adaptación y que es difícil predecir el resultado de la evolución adaptativa.

Otro cuestionamiento relevante es cómo se modifica el genoma durante el proceso de crecimiento y evolución. Para conocer qué ocurre con el genoma se investigaron por métodos moleculares algunos de los cambios ocurridos en el ADN de las bacterias. De los cultivos llevados a cabo por Lenski, y luego de transcurridas 10.000 generaciones en el medio con glucosa se analizaron minuciosamente ciertas secuencias particulares que podían indicar los reordenamientos genómicos que hubiesen ocurrido. Estos estudios mostraron que el genoma de las bacterias es altamente dinámico, que manifiesta grandes cambios en tiempos breves desde el punto de vista de la escala evolutiva. De estos cambios, aquellos que una vez ocurridos aparecían entre todos los descendientes, fueron atribuidos a mutaciones beneficiosas. Por otro lado, muchos cambios genómicos aparecían sin correlato con cambios de comportamiento aparente. Los distintos cambios observados, operados al nivel del ADN en los cultivos paralelos, subrayan el papel del azar.

Steven Finkel y Roberto Kolter (Boston, Mass., USA) estudiaron la evolución de la diversidad microbiana en cultivos mantenidos en condiciones de inanición prolongada. Algunos pares duplicados de cultivos evolucionaban igual, mientras que otros pares evolucionaban en forma diferente. Estos estudios reforzaron la conclusión de que la evolución procede por diferentes caminos, aún partiendo de condiciones iniciales idénticas. La historia puede explicarse, pero no predecirse.

Paul Rainey y Michael Travisano (Oxford, Reino Unido) experimentaron con la bacteria *Pseudomonas fluorescens* analizando la evolución frente a cambios en las condiciones ambientales. Las bacterias originales, que crecían sobre la superficie de gelatina en colonias de tipo liso, se pasaron a frascos en un medio líquido. En pocos días se generaron en todos los frascos tres tipos de subpoblaciones diferentes: las que se desarrollaban en aerobiosis en la superficie, y las que desarrollaban en anaerobiosis en el fondo y en el seno del líquido en el frasco. Cada una de estas tres subpoblaciones presentaba una morfología de colonia diferente. Esta respuesta adaptativa resultó perfectamente reproducible. Aquí se vio que la evolución sigue un camino predecible. Cuando el crecimiento se practicaba en un frasco con agitación permanente no se presentaban estas oportunidades ecológicas diferentes y se perdía rápidamente la diversidad desarrollada con los cultivos estancos. Estos estudios revelan la rapidez y complejidad de la evolución y la importancia del rol de la selección natural. La selección en el ambiente heterogéneo es la fuerza evolutiva más importante para mantener la diversidad.

Saltos de escala

Uno podría preguntarse si estos experimentos que ocurren en el microcosmos son representativos de los cambios que ocurren en el macrocosmos. ¿Se pueden generalizar los resultados de los estudios en tubos de ensayo? Muchos investigadores consideran que estos estudios muestran las vías a través de las cuales puede ocurrir la evolución y que las conclusiones de los mismos pueden servir de hipótesis para comprender los mecanismos de los cambios macroevolutivos.

Estudios recientes basados en cambios ocurridos en poblaciones de la mosquita *Drosophila subobscura* muestran similitudes con algunas de las observaciones realizadas con las bacterias. Luego de 20 años de la introducción en California, USA, de una población de *D. subobscura* proveniente de Europa se observó una situación interesante de evolución convergente. Muestras de poblaciones de la mosquita que se extendían desde California hasta el norte de Vancouver, Canadá, y de las mismas latitudes en

Europa, desde el sur de España hasta el centro de Dinamarca, revelaron que las poblaciones que se extienden hacia el norte presentaban alas más grandes, al igual de lo que ocurre con las poblaciones europeas. Aunque no se conocen las ventajas que esto confiere, el cambio ocurrió en un tiempo muy breve. Sin embargo, si bien las poblaciones evolucionaron adaptándose de manera similar, esta evolución siguió caminos diferentes, ya que en las poblaciones europeas se alargó la parte del ala más próxima al cuerpo y en USA se extendió el segmento externo. Aquí también se habrían seguido caminos distintos caminos para obtener el mismo resultado.

Las observaciones con poblaciones de un pez (*Gasterosteus sp.*) que habita tres lagos de Vancouver, Canadá, constituyen un interesante ejemplo de evolución paralela. Esta especie de pez habitó originalmente un lago que quedó posteriormente dividido en tres lagos aislados. En cada uno se originaron independendientemente dos variedades del pez, una más pesada, habitante del fondo, y otra liviana y más móvil, que nada en aguas abiertas. Las dos variedades o subespecies, aisladas reproductivamente entre sí, se pueden cruzar con la misma variedad de los otros lagos. Estas observaciones avalan la importancia de la selección natural en los cambios poblacionales y muestran que la selección natural permite la formación de nuevas especies. La evolución paralela de las poblaciones de este pez como respuesta adaptativa a distintos nichos ambientales aparece como muy similar a la

observada con la bacteria *Pseudomonas* en frascos de cultivo en el laboratorio.

En la clínica

Volviendo a las bacterias, un interesante ejemplo de rápida evolución adaptativa lo constituye un experimento en gran escala llevado a cabo en la naturaleza mediante el empleo intensivo de los antibióticos durante varias décadas. Ello posibilitó el desarrollo de bacterias patógenas portadoras de alto grado de resistencia a múltiples antibióticos, lo cual constituye un serio problema sanitario. Los antibióticos actúan como agentes selectivos frente a las bacterias, las que se vuelven resistentes por distintos tipos de mutaciones o por transferencia de material genético.

Los estudios evolutivos realizados hasta ahora en el laboratorio con bacterias se basan fundamentalmente en el seguimiento de poblaciones de una misma especie. Será de interés el seguimiento evolutivo de situaciones más complejas, que involucren poblaciones mixtas con interacciones simbióticas ó competitivas.

En síntesis, los estudios de genética y biología molecular nos muestran que los genomas de las bacterias presentan gran plasticidad, lo que posibilita una gran adaptabilidad a los cambios ambientales, y nos ofrecen la visión de nuevos mecanismos para pensar y comprender la evolución.■

* Investigadora Principal - CONICET.

Distinción internacional para un investigador argentino

El pasado 2 de mayo, la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos dio a conocer la designación del doctor Armando Parodi como uno de los nuevos quince miembros extranjeros que se agregan al plantel de este organismo privado destinado a asesorar al gobierno federal en asuntos de ciencia y tecnología.

Así, Parodi, quien se desempeñó hasta hace poco tiempo como Presidente del Instituto de Investigaciones Bioquímicas - Fundación Campomar y trabaja actualmente como científico del Instituto de Investigaciones Biotecnológicas de la Universidad Nacional de San Martín y del Conicet, ocupará en la academia estadounidense un cargo al que únicamente accedieron cuatro investigadores nacionales: el doctor Osvaldo Reig , y tres de nuestros nóbeles, los doctores Bernardo Houssay, Luis Federico Leloir y César Milstein.

El reconocimiento al químico argentino, quien cursó su licenciatura en esta Facultad, se debió a sus estudios sobre cómo se sintetizan las glicoproteínas (proteínas con azúcares añadidos). Estas sustancias sólo pueden cumplir la función para la que fueron creadas cuando adquieren una determinada configuración tridimencional. Si se produce una falla en el plegado, la glicoproteína no funciona y puede llegar a provocar enfermedades como el mal de Alzheimer o el síndrome de la vaca loca. Precisamente, el hallazgo de Parodi consistió en develar cuál es el mecanismo metabólico que permite dicho plegado.

Descubren un dinosaurio ancestral

Un pequeño dinosaurio cuyas particularidades anatómicas indicarían que pertenece a un grupo ancestral del cual derivaron las dos ramas del árbol evolutivo de los dinosaurios con cadera de lagarto, fue descubierto, en el Estado de Río Grande do Sul, Brasil, por el doctor José Bonaparte, paleontólogo del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia".

Los dinosaurios aparecieron hace aproximadamente 230 millones de años, durante el Triásico. Antes de finalizar aquel período geológico ya habían surgido dos grandes grupos: los ornitisquios, con cadera similar a la de las aves, y los saurisquios, en los que la cadera se parecía a la de los lagartos. Estos últimos estaban representados por dos tipos muy diferentes entre sí: los terribles depredadores, que caminaban en posición bípeda, y los pacíficos y típicos herbívoros de cabeza pequeña, cuello alargado, cuatro patas semejantes a columnas y una larga cola.

De acuerdo con Bonaparte, el primitivo dinosaurio recientemente hallado, que vivió hace algo menos de 230 millones de años, media cerca de 2 metros de largo y caminaba en posición bípeda, reuniría las condiciones como para ser considerado el antepasado común a ambos grupos de saurisquios.

El investigador argentino, quien realizó la descripción en 1999 con sus con sus colegas de la Fundación Zoobotánica de Porto Alegre, lo llamó *Guaibasaurus candelariai*, haciendo referencia al río Guaíba de Porto Alegre y al yacimiento paleontológico ubicado en las cercanías de Candelaria, donde se produjo el descubrimiento.

El HIV como arma terapéutica

Un equipo de investigadores del Instituto Pasteur de París reveló que pueden eliminar el contenido genético del virus del sida y transformarlo no sólo en inofensivo sino también en un eficaz vehículo para transportar remedios al interior del cuerpo humano.

El hallazgo, que fue publicado en un reciente número de la revista científica "Cell", constituye un auspicioso avance en la utilización farmacológica de la gran capacidad infectiva que posee el VIH.

El doctor Pierre Charneau, director de la Unidad de Oncología Viral del Pasteur, aclaró que del virus "únicamente conservaremos la maquinaria que le permite entrar en las células". Según el experto, todos los genes nocivos serán reemplazados por otros medicinales con los que se podrán tratar enfermedades de origen genético como, por ejemplo, el cáncer.

Para tranquilidad de los futuros pacientes, Charneau agregó que estaban seguros "en un ciento por ciento" de que en la aplicación de la técnica "no existirá ningún riesgo de transmitir la enfermedad porque, antes de utilizarlo, el virus será totalmente vaciado".

Aunque el descubrimento se encuentra todavía en etapa experimental, los científicos esperan que un futuro cercano el enorme potencial de pene-trabilidad y replicabilidad que posee el virus del sida conviertan a este enemigo del organismo en un aliado de la salud.

Vacuna para frenar el dengue

Quien creía que el dengue era un tema olvidado, estaba en un grave error. En sólo dos años, los casos en Latinoamérica aumentaron en un 61 por ciento y, particularmente en la Argentina, ya son 1260 las personas con síntomas de infección, según cifras del Ministerio de Salud.

Hasta el momento, la única arma para combatir el dengue son las medidas sanitarias para la erradicación del *Aedes aegypti* –la especie de mosquito que transmite la infección–, pero, según informó la Organización Mundial de la Salud (OMS), se espera que en menos de cinco años estén en uso vacunas preventivas que podrían frenar la epidemia en forma definitiva.

Durante el último Congreso Internacional de Enfermedades Infecciosas, realizado en abril pasado en Buenos Aires, el dengue fue uno de los temas centrales. Definida como una "enfermedad emergente" –o sea, considerada durante muchos años como en vías extinción–, los especialistas estiman que esta infección resurgió debido a la falta de control sobre el mosquito transmisor y, principalmente, por el aumento de la margi-nalidad y la pobreza.

Si bien las vacunas ya fueron probadas con éxito en animales superiores, los especialistas de la OMS recomiendan que, mientras se esperan los ajustes para inmunizar a los humanos, es necesario incrementar las medidas sanitarias y agilizar las tareas de diagnóstico.

Pañales contaminantes

Son prácticos, mantienen al bebé seco, no filtran y sin lugar a dudas han bajado mucho de precio, pero, no pueden impedir contaminar. En efecto, los pañales descartables se han convertido en un gran aliado de las madres modernas, que los prefieren por sobre los tradicionales debido a las virtudes descriptas y a la comodidad que significa el poder prescindir del lavado. Sin embargo, con el uso, este tipo de pañales se convierte en un residuo sólido que al acumularse provoca daños en los ecosistemas.

"Aunque los pañales descartables producen un impacto ambiental mucho menor en comparación con otros productos químicos, por estar compuestos tanto por polietileno como por fibra de algodón, tardan décadas en degradarse, alterando el sedimento natural del lugar en el que se depositan como basura", afirma el profesor Juan Carlos Barriles, profesor de la carrera de ingeniería química de la UBA.

Si bien en la Argentina no existen datos oficiales sobre el problema, algunas organizaciones ecologistas internacionales aseguran que los pañales desechables generan un residuo que no puede reciclarse y que exige de hasta 400 años para ser disuelto.

Como desde el punto de vista médico no existen diferencias significativas entre los viejos pañales lavables y los cada día más sofisticados descartables, por el momento, el probable incremento de esta forma de contaminación dependerá, exclusivamente, del grado de concientización ambientalista de los consumidores.

LA NUEVA CLEMENTINA

La primera computadora de Latinoamérica llegó a Buenos Aires en 1961. Funcionaba con cintas magnéticas de carrete abierto, su procesador era de válvulas y ocupaba dos cuartos inmensos. Se la llamó Clementina. Desde marzo pasado hay una nueva Clementina entre nosotros, pero en este caso es una de las llamadas supercomputadoras, con 180 GB de memoria y 40 procesadores que trabajan en paralelo y posibilitan realizar distintas tareas en un mismo tiempo. Su capacidad operativa permite realizar cómputos de precisión y alta complejidad, generar imágenes satelitales para el análisis de fenómenos climáticos y simulaciones de cirugías, entre otras tareas.

Además de facilitar cálculos y simulaciones, a partir de ahora la nueva Clementina posibilitará el acceso de la Argentina a Internet 2, la red virtual de comunicación que se utiliza únicamente con fines científicos y que vincula a las supercomputadoras de todo el mundo posibilitando una gran velocidad en la transmisión grandes volúmenes de información.

Clementina 2 fue adquirida en 3 millones de dólares por la empresa Telecom como compensación de una deuda con el Estado nacional y está funcionando bajo la órbita de la Secretaría para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Productiva. Según la palabra de las autoridades nacionales, el objeto principal de la incorporación de esta supercomputadora fue el de poner a disposición de los investigadores, y en forma gratuita, una herramienta de uso común en los países centrales.

Nuevos materiales

Seguro, seguro, jamás tuvo un nanotubo

por Doris Barbiric*
barbiric@q1.fcen.uba.ar

De carbono puro y de dimensiones ultramicroscópicas, parecerían no romperse nunca. Son moléculas de hasta un millón de átomos, con forma de fibras huecas y capaces de conducir electricidad como los mejores metales. Con los nanotubos se vislumbra un universo de posibilidades.

¿Se imagina un cable montacargas entre la Tierra y un satélite en órbita geoestacionaria?

Arthur Clarke lo hizo ya en 1978 en la novela «Las fuentes del Paraíso».

Dejando de lado problemas como la turbulencia atmosférica o los daños que provocan el ozono y la radiación cósmica, concentremos la atención en su resistencia: un cable así debería soportar una tensión igual a 621 millones de veces nuestra atmósfera. Impresiona, ¿no? Pero por ahora no parece existir un material que resista tensiones de tal envergadura... excepto, quizás, los nanotubos.

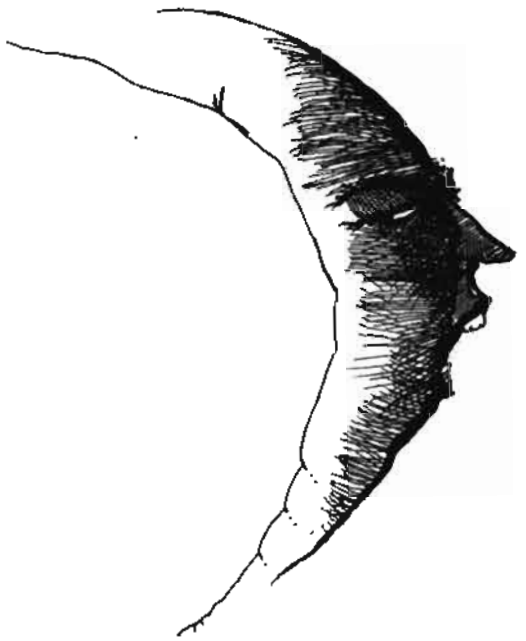
Estas fibras huecas de dimensiones más pequeñas que microscópicas pertenecen a la familia de los fullerenos, una forma nueva de presentarse del carbono, descubierta en 1985. Hasta entonces, las dos únicas formas del carbono conocidas eran el grafito y el diamante.

El representante más significativo de los fullerenos es la molécula de 60 átomos de carbono (C_{60}) con forma de pelota de fútbol, y de la estabilidad y resistencia de esta última puede dar cuenta cualquier aficionado a dicho deporte. La simetría y equilibrio estructural, tanto de la molécula como del balón, se logran, según describe el investigador Manuel Núñez Regueiro en la revista *Ciencia Hoy*, gracias a una combinación armoniosa de los 20 hexágonos y 12 pentágonos presentes. En el caso particular de la molécula, estas formas son generadas por 60 átomos de carbono unidos entre sí.

El grafito, material constitutivo de cualquier mina de lápiz, está conformado por planos de carbono apilados en forma floja. Cada plano es una red de hexágonos que originan los átomos de carbono al interconectarse. Dichos planos pueden resbalar fácilmente unos sobre otros, por eso la mina de lápiz nos parece aceitosa, y asimismo, el grafito se emplea como un lubricante de primera.

Existen fullerenos construidos a partir de un número mayor de átomos de carbono que el C_{60} y, aquéllos de formas redondeadas, funcionan aún como mejores lubricantes que el grafito, pero a temperatura ambiente. Sabemos, sin embargo, que los motores en acción desarrollan temperaturas considerablemente más altas. Se estima que, superados ciertos escollos, estas bolillas se convertirán en los rodamientos del futuro.

A partir de los planos del grafito, es posible curvar una de las hojas y arrollarla formando un tubo abierto en los extremos. Con medio C_{60} en cada punta -media pelota de fútbol microscópica- el tubo se transforma en una fibra de carbono extremadamente esta-



ble. Si la fibra tiene una longitud del orden del millonésimo del metro, he aquí un nanotubo.

¿Cuándo *aparecen* los nanotubos?

Estas fibras fueron descubiertas en Japón en 1991, en medio del hollín contenido en el recinto usado para fabricar fullerenos. El cristalógrafo japonés Sumio Ijima siempre se interesó por las partículas de carbono y, cuando analizó los restos de las barras de grafito empleadas en la fabricación de C_{60}, observó unos filamentos muy finos y, por supuesto, sumamente pequeños. Aumentó luego la potencia de su microscopio y comprobó ciertas características que aproximaban estos filamentos a lo que sería una fibra de carbono ideal: estaban formados por varios cilindros concéntricos (unos dentro de otros) cerrados en la punta por medio fullereno.

Los análisis teóricos mostraron más tarde que estas fibras deben ser extremadamente resistentes, muy flexibles y prácticamente irrompibles. Más aún, según el modo en que se enrollen, algunas fibras se comportarían como metales, otras como semiconductores y otras como aislantes. Un nuevo campo de investigación, con importantes aplicaciones prácticas, se abrió para los científicos.

Para empezar, la *resistencia* a la fractura

Los primeros estudios sobre nanotubos mostraban imágenes en que se los veía fuertemente deformados pero nunca rotos.

Se simuló entonces, por computadora, el efecto producido por una fuerza como la generada cuando empujamos con el dedo índice el extremo expuesto de una pajita, puesta vertical, contra el fondo plano de una lata de bebida: la pajita se mantiene derecha mientras nuestra fuerza hacia abajo no supere un valor crítico. Si superamos ese valor límite, se vuelve inestable y se pliega en dos. Si disminuimos la fuerza, el tubo tiende a recuperarse. Si el material del que está hecho fuera elástico, el tubo recuperaría completamente su forma original.

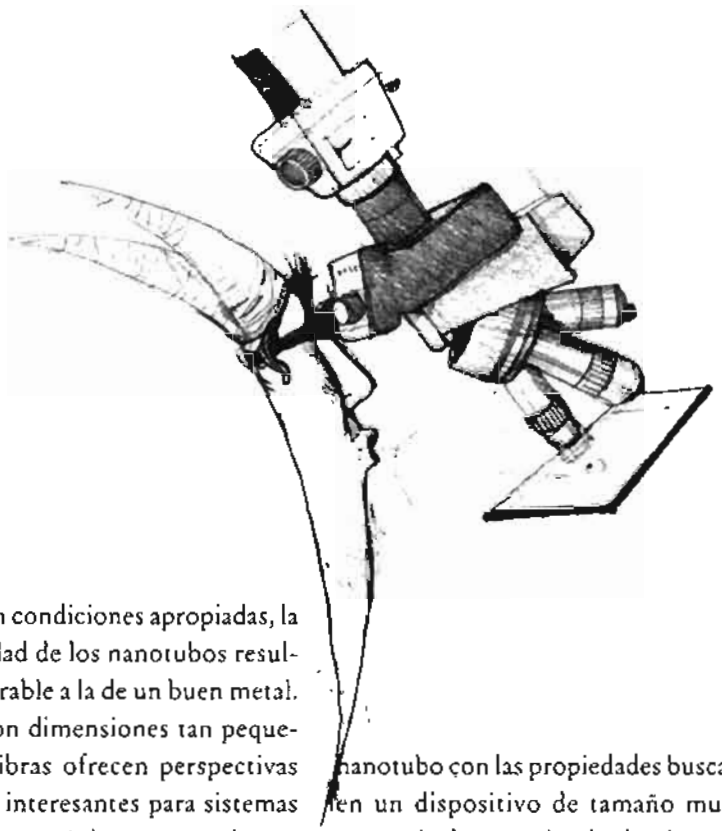
Un comportamiento semejante permite pensar que un nanotubo es, por ejemplo, una excelente nanosonda para recorrer y reconocer el perfil de una muestra microscópica: el túbulo va barriendo suavemente con su extremo la superficie de la muestra y, si se produce un choque violento contra la misma debido a una rugosidad (saliente) en el relieve, la sonda simplemente la registra y continúa trabajando intacta. En este sentido ya existen avances concretos.

Pero, ¿cuál es la tensión máxima que un nanotubo puede soportar *sin romperse*?

No existe en este momento un instrumento real que pueda comprobar la resistencia de un nanotubo: las fibras son demasiado pequeñas. Habrá que esperar a que los químicos fabriquen tubos más largos y puedan hacerse las pruebas correspondientes. Sin embargo, una vez más, se pudo hacer un ensayo recurriendo a simulaciones por computación.

Aparentemente, los nanotubos se rompen de manera muy especial, y para ello se requieren fuerzas increíblemente elevadas. Supongamos que, esta vez, en lugar de comprimir -como en el caso del sorbete- empezamos a tirar de ambos extremos del nanotubo, en el sentido de su eje longitudinal. Lo primero que ocurre es que los hexágonos que forman las paredes se deforman. Superado un valor crítico, en algún punto de la pared -el medio, por ejemplo- se abre un agujero y éste se va agrandando. Tanto se agranda el agujero que terminamos teniendo dos medios tubos unidos apenas en un punto.

Curiosamente, si quisiéramos separar las dos partes del tubo original, el hilito que las mantiene unidas no terminaría por cortarse, sino que se alargaría "deshilando" el nanotubo como cuando se



desteje una manga de tejido de punto.

Se ha llegado a calcular que cilindros concéntricos de carbono aguantan, sin romperse, tensiones impresionantes equivalentes a 3 millones de veces la presión de nuestra atmósfera. Una resistencia tan alta sería posible porque, aunque uno de los cilindros sufriera una fisura o se rompiera, el percance no afectaría a sus vecinos interno y externo, dado que nada lo une a ellos. De este modo, la fisura no se propagaría.

Una soga construida a partir de nanotubos de 2,5cm de espesor -que involucraría unos cien millones de millones de filamentos paralelos, sería unas cien veces más resistente que el acero y unas seis veces más liviana.

Los nanotubos son *buenos conductores*

En el grafito, algunos electrones se hallan débilmente conectados a sus carbonos y pueden entonces desplazarse de un átomo a otro. Por esta razón, el grafito es un semimetal: puede conducir la corriente eléctrica, aunque de manera menos eficiente que un metal como el cobre. Los metales conductores tienen muchos más electrones unidos débilmente al núcleo atómico y esos electrones se encuentran disponibles para hacer circular la electricidad.

Como en el grafito, algunos electrones de los carbonos de la pared del nanotubo están ligados más débilmente que otros y ésos son los electrones que se desplazan a lo largo del tubo contribuyendo a la conducción eléctrica del material. En condiciones apropiadas, la conductividad de los nanotubos resultaría comparable a la de un buen metal. Más aún, con dimensiones tan pequeñas, estas fibras ofrecen perspectivas sumamente interesantes para sistemas microelectromecánicos y en microelectrónica, en el desarrollo de procesadores para computadoras de próxima generación.

La imaginación *vuela*

En un mundo de Julio Verne, y basados nuevamente en la rigidez mecánica de los nanotubos, se podrían construir con ellos desde elementos para puentes o para rascacielos antisísmicos hasta chalecos antibalas.

Como tienen gran capacidad para recuperar su forma original luego de una deformación por compresión, se podrían construir elementos muy resistentes para amortiguar choques.

En el micromundo de "Nano" Verne, a su vez, se podrían diseñar nanosondas para analizar las características químicas de células biológicas o fabricar pipetas ultrafinas para inyectar suavemente moléculas en las células vivas.

Todas estas aplicaciones, sin embargo, se dan de bruces con dos dificultades concretas: una, la de implantar un nanotubo con las propiedades buscadas en un dispositivo de tamaño mucho mayor, incluso un simple circuito; otra, la producción industrial en serie.

Para poder explotar sus propiedades, los nanotubos deben ser de excelente calidad, libres de defectos. Los progresos en este sentido han sido importantes, pero el camino que queda por recorrer es muy largo.

Quizás la solución esté en manos de los biólogos, quienes podrían dar, eventualmente, con una enzima capaz de fabricar nanotubos en condiciones menos cálidas que los 2000 a 3000°C usados hasta ahora, con un requerimiento energético menos pretencioso, el de una simple fermentación.

Físicos, químicos, biólogos y matemáticos, todos pueden contribuir al desarrollo de estos materiales novedosos que ofrecen un espectro de aplicaciones hasta ahora sólo soñadas. El banquete multidisciplinario, señores, está servido; quedan todos convidados.■

*Docente investigadora -FCEyN-UBA. Egresada del Curso-Taller de Periodismo Científico CyT- FCEyN.

Curiosidades

TIEMPO LOCO

Ya nadie se sorprende de que los milenios terrícolas duren 999 años, o los siglos 99. De hecho ya hay quien prepara los segundos "festejos por el cambio de milenio" mientras se saca todavía la resaca de los del año pasado... y está todo bien. Pero un reciente descubrimiento supera los límites de lo imaginado. Parece ser que se nos aproxima un día de duración doble. Efectivamente, el 20 de julio del 2000 durará exactamente 48 horas, ni un minuto más, ni uno menos. El extraño fenómeno no es la primera vez que ocurre y nos fue revelado por el físico y catedrático Walter Ctesibius del Observatorio Nacional (Sociedad Mixta). Según el experto la rareza no es tal, y hasta un niño puede comprender su naturaleza.

El extraño fenómeno se produce por efecto de la rotación de la Tierra alrededor de un eje más o menos perpendicular a la dirección del Sol, al hecho de que la Tierra este habitada por casi todos lados, a que tiene forma esférica y a que a casi todos los habitantes del planeta les gusta que el mediodía coincida aproximadamente con la hora 12. Entonces 24 grupos de personas más o menos vecinas comienzan cada día (por ejemplo el 20 de julio), en 24 momentos diferentes, espaciados entre sí por una hora (un huso).

¿Cuándo empezó el 20 de julio? Para nosotros (los argentinos) en un cierto instante, para los yankees del este un par de horas después y para los del oeste 4 horas más tarde... y así sucesivamente. Para cada uno de ellos el día termina 24 horas después. En definitiva el 20 de julio del 2000 estará sobre la Tierra 48 gloriosas e irrepetibles horas.

Las lecciones del Maestro Ciruela

La pregunta indicada

Usted acaba de realizar una brillante exposición: por ejemplo explicó (frente a un auditorio de unos 30 estudiantes) porqué flota un cuerpo en el agua. Y siente esa satisfacción intensa de saber que lo hizo bien, que el discurso fue claro, lógico, didáctico, ameno, simpático, pulcro, rico, preciso, exacto, impoluto e inodoro. Su voz (seguramente impostada) resonó estridente llenando los recovecos de la ignorancia que apestaba por doquier... Y quedó muy claro que era bien justo darle la razón a Arquímedes por su principio y también por su fin. Es en ese preciso instante de irrepetible clímax que cometemos el craso error de arruinarlo con la pregunta equivocada:

"- *¿ENTENDIERON?*"

No quepa duda: los hados y las musas lo habrán abandonado.

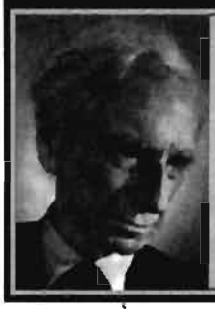
Es cierto que "entendieron" como cualquier otra pregunta equivalente puede considerarse simplemente una muletilla, casi como toser, o decir "bueno", "listo", o...

Pero, en cambio, si "entendieron" es una auténtica inquietud del docente responsable que no se conforma con el mejor discurso sino sólo con la comprensión cabal, o mejor aún: con el aprendizaje, de sus alumnos, entonces no pregunte "entendieron" ni "está claro" ni nada de eso, pues esas son las preguntas equivocadas. Por lo general no se contestan, o se contestan mintiendo por temor a la incomodidad, o al ridículo. Yo sé que es difícil modificar una muletilla, pero puede hacerse el intento...

Ahora bien, cuál es la pregunta indicada. Es aquella que obliga a los alumnos a resolver una cuestión sencilla (muy sencilla) que sólo se resuelve si *verdaderamente entendieron* lo que acabamos de explicar. Por ejemplo: "-¿Entonces qué les parece... podrá flotar un objeto de hierro?"

También es cierto que todo esto pierde un poco de sentido si no sabemos cómo actuar después de formular la pregunta indicada... pero ése será el tema de nuestra próxima lección.

Frases Imperdibles



Bertrand Russell
(1872-1970)

"La ciencia es lo que sabes, la filosofía es lo que no sabes."

"Aristóteles manifestaba que las mujeres tenían menos dientes que los hombres; aunque se casó dos veces, nunca se le ocurrió comprobar esta afirmación examinando la dentadura de sus esposas."

Crónica de un borrón malinterpretado

El helicóptero del faraón

por Guillermo Gimenez de Castro*
guigue@craae mckenzie.br

Desde tiempos remotos, las pirámides de Egipto fueron relacionadas con misterios y leyendas. Aceptando las opiniones más extremistas, estas construcciones serían reservas de increíbles conocimientos y portentosa energía. Los tiempos pasan. La leyenda continúa. Los fabricantes de sueños facturan. Pocos meses atrás, el canal codificado norteamericano Fox mostró en un documental las "evidencias" de que en un jeroglífico se habría dibujado adrede el perfil de un helicóptero de última tecnología. Como si fuera poco, lo anunció en su noticiero.

La ciencia es aburrida. Cada vez que un científico hace una afirmación, es porque ha verificado por diferentes métodos independientes sus conclusiones. De todas formas, esa afirmación será posteriormente verificada (o no) por otros investigadores en otras partes del mundo. Si la afirmación representa un postulado muy radical, el debate posterior puede durar años y las confirmaciones posteriores toman otro tanto. En rigor, una teoría está siempre bajo escrutinio, y esa es la única forma de conocer sus límites.

Un elemento usado en ciencias es la comparación. Existe un conocido anónimo que dice: "si camina como un pato, anda en el agua como un pato y grazna como un pato, debe ser un pato". Sin embargo, ninguna afirmación puede basarse apenas en juicios comparativos. Sobre las pirámides de Egipto se ha escrito una bibliografía tan vasta que es inabarcable para este artículo. Los mismos egipcios faraónicos ya hablaban de sus misterios, lo que no es de extrañar siendo objetos simbólicos de recordación y veneración, necesariamente unidos a leyendas fabulosas. Aunque siempre existieron "piramidólogos" autodidactas y prestos a publicar sus revolucionarias ideas, a mediados del siglo XIX, una onda nueva comenzó a sacudir los medios de prensa y la opinión pública. Las pirámides podrían contener secretos de una tecnología más avanzada que la nuestra.

Algunos autores resaltan la similitud entre las pirámides egipcias y aztecas –separadas por miles de años y kilómetros de distancia– y postulan la hipótesis de que sus constructores serían los mismos individuos, probablemente de origen extraterrestre. Este es un ejemplo de comparación liviana. Supongamos que sea cierto que ambos grupos de pirámides hayan sido construidas por los mismos individuos, entonces tendría que haber más evidencias, no tan sólo la forma. Técnicas de construcción, usos, etc. ¿Por qué sólo se encuentran similitudes en pirámides? ¿Por qué no en el resto de ambas culturas?

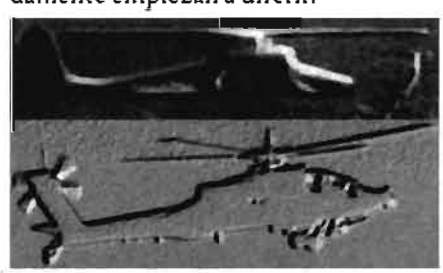
Es evidente que la pirámide es la forma de construcción más sencilla. Los niños la practican en sus juegos diarios cuando apilan objetos de menor tamaño sobre objetos de mayor tamaño, o cuando construyen castillos de naipes. Pirámides de base triangular, cuadrada o circular se encuentran en muchas culturas. Y eso podría ser simplemente porque son sencillas de proyectar y construir, y además resultan robustas una vez terminadas.

Hacia 1860, un joven astrónomo escocés de nombre Piazzi Smith lanzó la teoría de que la Gran Pirámide (en Gizé) era un monumento científico que contenía, en forma codificada, valores de parámetros astronómicos sólo conocidos por la humanidad miles de años después de la construcción de la misma. Veinte años después, el británico y noble Flinders Petrie, llegó hasta Egipto con los mejores instrumentos de medición de su época con la intención de corroborar las mediciones de Piazzi Smith y con esto sus conclusiones. Quedó desolado al verificar que las mediciones del astrónomo escocés estaban equivocadas. Sin embargo la idea de que la Gran Pirámide contiene información codificada continuó. Por ejemplo, en un clási-

co libro piramidológico escrito por un argentino ("El enigma de las pirámides", de Julio López) se afirma que en la altura de la Gran Pirámide (146,60 metros) se codificó el valor de la distancia Tierra-Sol durante el perihelio (momento de mayor aproximación de la Tierra al Sol) y que es de 146,97 millones de kilómetros. Claro que entre un número y otro hay un factor 10^9. Para que esta conclusión sea cierta, sin embargo, los egipcios debieron haber usado nuestro metro patrón, algo improbable.

López parece contradecirse inmediatamente porque a partir de un "teorema métrico" (que a juzgar por lo expuesto en el libro poco tiene de teorema), deduce un cierto Metro Egipcio (*me*) que corresponde a 0,9530 metros modernos. Con esta unidad de medida transforma la altura interna del sarcófago de Keops (0,8527 m) obteniendo 0,8126 que puede ser leído como 81,26 (¿cm egipcios?), número muy similar a 81,30 que es la relación de masas entre la Tierra y la Luna. El ancho del sarcófago es 0,6675 *me*, que también puede ser leído como 667,5 (¿mm egipcios?) cuya mitad es 333,7 valor que coincide con el cociente de masas Sol/Tierra. La inversa de la longitud interior del sarcófago expresada en *me* le da 5,192 que multiplicada por 10^{24} es la masa de la Tierra en kg. Por último, en una incomprensible transformación a segundos al cuadrado donde da claras muestras de su desprecio por cualquier orden de magnitud, convierte el ancho del sarcófago en la aceleración de la gravedad en los polos (9,82 m/s^2). El peligro de usar libremente la matemática es que es muy fácil obtener cualquier resultado con pocos números y una aritmética simple.

Imágenes y estatuillas también han sido blanco de fáciles comparaciones. Tal vez, la más famosa, es el supuesto astronauta de la cámara funeraria del Templo de las Inscripciones en Palenque, en México. Sin embargo en los últimos meses hemos sido conmovidos por la aparición de una nueva de estas asociaciones. La historia parece remontarse a 1998, cuando alguien creyó ver en medio de unos jeroglíficos egipcios del templo de Abydos, el esquema de un helicóptero. Si se compara la figura arrojada por los jeroglíficos con la foto (alterada para facilitar el análisis) de un helicóptero Apache, se puede determinar que, en rasgos generales, las imágenes se parecen; sin embargo, en los detalles, rápidamente empiezan a diferir.



Hasta se podría decir que el jeroglífico se parece más a un avión monoplaza de alas altas, al que le estaría faltando la hélice.

El primer problema al que tenemos que hacer frente es saber si se trata efectivamente de un dibujo verdaderamente encontrado en un jeroglífico. Hoy en día, la digitalización de las imágenes nos permite crear la foto que deseemos, pero asumamos que se trata de una imagen realmente tomada de un jeroglífico egipcio. Para Katherine Griffis-Greenberg, de la Universidad de Alabama (Birmingham, EEUU), se trata de un *palimpsesto* en el cual se confunden los textos antiguos con los nuevos. Un palimpsesto es un texto escrito sobre otro que no fue completamente borrado, y son muy comunes en papiros. En este caso se trata de una inscripción en bajo relieve. Para borrar el texto antiguo colocaron argamasa. Parte de esa argamasa cayó y así estamos en presencia de una superposición parcial de ambos textos. Según la investigadora, el viejo texto hacía referencia a faraón Seti I con alguno de sus múltiples y largos nombres y fue cambiada por la de su hijo y sucesor Ramsés II, también a través de un seudónimo. El revisionismo histórico, como vemos, ya comenzó en el viejo Egipto.

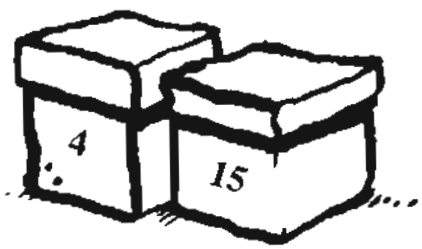
La interpretación extraordinaria nos pone, más de una vez, en presencia de una comparación liviana, hecha apenas de trazos esquemáticos sin más sustentación que el deseo de demostrar una teoría. La imagen del helicóptero de Abydos ha recorrido el mundo varias veces a través de Internet. Pero hace pocos meses el canal de cable Fox, nos regaló un documental, supuestamente científico, en el que se "demostraba" que las pirámides fueron construidas por seres extraterrestres. Una de las demostraciones: el helicóptero de Abydos. Para confundir más a la opinión pública, Fox mandó adelantos del documental en su noticiero vespertino. Claro, debemos recordar que Fox es el canal de los Archivos X, una ficción que sin embargo muchos toman seriamente. Dada la mezcla de realidad y ficción del documental sobre Egipto, pareciera que incluso los mismos directivos del canal y sus editores de información tienen problemas para distinguir entre ambos. Porque por ahora, el único helicóptero faraónico, seguirá siendo el del ex presidente Menem. ■

*Investigador del Centro de Radio Astronomía y Astrofísica del Instituto Presbiteriano Mackenzie - San Pablo, Brasil.

Sucesiones matemáticas

Las cajas numeradas y el Sr. H

por Pablo Coll* pecoll@dc.uba.ar
y Gustavo Piñeiro** pineiro@datamarkets.com.ar



En el puesto 314 de la Feria de las Diversiones de la ciudad de Pi se ofrece a los paseantes el siguiente juego de azar: se presentan n cajas exactamente iguales, cada una de las cuales contiene oculta en su interior una bolilla numerada. Los números de las bolillas van del 1 al n y cada caja contiene una distinta.

Cuando las cajas son presentadas, el jugador anota en el exterior de cada una de ellas un número entre 1 y n. Si bien en cada caja anota un solo número puede, si así lo desea, anotar el mismo número en dos o más cajas.

Una vez que todos los números han sido anotados, las cajas son abiertas y el dueño del puesto procede a comparar el número de la bolilla que había dentro con el número anotado por el jugador. Cada vez que ambos números coinciden, el jugador se anota un punto a favor. Si, en cambio, los números no coinciden, el jugador no se anota puntos (ni a favor ni en contra). El objetivo del apostador, por supuesto, es lograr la mayor cantidad posible de puntos.

El Sr. H –un visitante habitual del puesto 314 de la Feria– cierto día comenzó a preguntarse cuál sería la mejor estrategia a seguir en este juego. ¿De qué manera podría lograr que el promedio de sus puntuaciones en sucesivos juegos fuera el máximo posible?

Una estrategia posible sería la siguiente: el Sr. H podría anotar en cada juego el mismo número (digamos el 1) en todas las cajas. Es obvio que de esta forma obtendrá un punto cada vez. El promedio de todas sus puntuaciones será 1.

Supongamos que las cajas fueran dos (es decir $n = 2$) y que el Sr. H anotara al azar un 1 en una caja y un 2 en otra. ¿Cuál sería, si juega muchas veces, el promedio de sus puntuaciones? En cada juego, el Sr. H puede obtener 0 puntos ó 2 puntos. La probabilidad de que obtenga 0 puntos es 0,5 y también es de 0,5 la probabilidad de que obtenga 2 puntos (es decir, aproximadamente la mitad de las veces obtendrá 0 puntos y la otra mitad 2). Si juega muchas veces el promedio de sus puntuaciones se acercará al valor 0.(0.5) + 2.(0,5) = 1. Es decir, a la larga, esta estrategia no es mejor que la de anotar un 1 en ambas cajas.

Para calcular el valor al que se acercará el promedio de las puntuaciones del Sr. H, se procede de la siguiente manera. Supongamos que la estrategia que sigue el Sr. H es tal que le permite obtener alguno de los siguientes puntajes: $x_1, x_2, \ldots, x_k$ (en el segundo ejemplo los puntajes eran $x_1 = 0, x_2 = 2$). Llamemos $P(x_k)$ a la probabilidad de obtener el puntaje x_k (en el ejemplo, $P(x_1) = P(x_2) = 0{,}5$), entonces, a la larga, el promedio de las puntuaciones se acercará al valor $E = (x_1)P(x_1) + \ldots + (x_k)P(x_k)$. Si este valor es alto, esto significa que el Sr. H está siguiendo una estrategia muy buena. Cuanto mayor sea E, mejor es la estrategia.

1) Al Sr. H le presentan n cajas ($n > 2$) y decide anotar un 2 en una de ellas y un 1 en todas las demás. ¿Cuánto vale E en esta estrategia?

2) Al Sr. H le presentan n cajas ($n > 2$) y decide anotar un 2 en una de ellas, un 3 en otra y un 1 en todas las demás. ¿Cuánto vale E en esta estrategia?

3) Al Sr. H le presentan 4 cajas y decide anotar un 1 en dos de ellas y un 2 en las otras dos. ¿Cuánto vale E en esta estrategia?

4) Al Sr. H le presentan 4 cajas y decide anotar un 1 en una de ellas, un 2 en otra, un 3 en otra y un 4 en la restante. ¿Cuánto vale E en esta estrategia?

5) Con n cajas ¿cuál es la estrategia para la cual el valor de E es máximo? ■

Soluciones del número anterior

Este es el patrón que siguen la cantidad de números pares de la sucesión de Tanny.

3
4, 2
5, 2, 3, 2
6, 2, 3, 2, 4, 2, 3, 2
7, 2, 3, 2, 4, 2, 3, 2, 5, 2, 3, 2, 4, 2, 3, 2
8, 2, 3, 2, 4, 2, 3, 2, 5,...

a[0] = 1
a[1] = 3
a[i] = a[a[i-1] mod i] + a[a[i-2] mod i]
La sucesión a tiene particularidad de que continúa con 16, 16, 16, ...

b[0] = 1
b[1] = 3
b[i] = b[(b[i - 1] + b[i - 2]) mod i] + b[(b[i - 1] * b[i - 2]) mod i]

*Licenciado en Matemática y docente del Deparmento de Computación - FCEyN.
**Licenciado en Matemática - FCEyN.

PerkinElmer™
instruments.

Cromatografía

Líquida de alta presión (HPLC)

Gaseosa (GC)

GAS–MASA (GC–MS)

Espectroscopía

Absorción Atómica (AA)

Ultravioleta Visible (UV–VIS)

Infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

Plasma Inductivo (ICP)

Análisis Térmico

Análisis Elemental

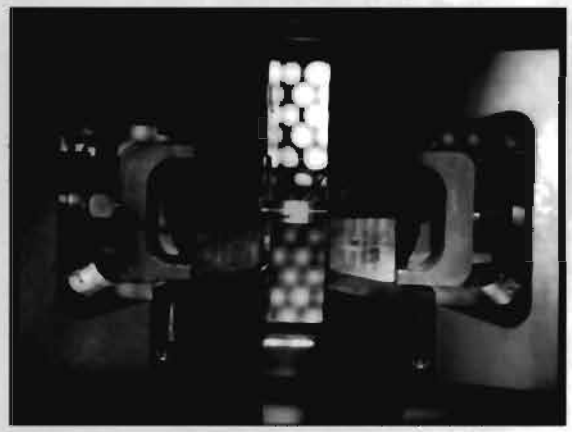
Digestión por microondas

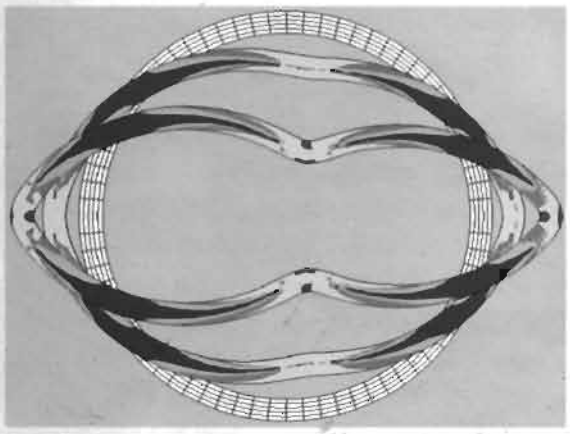
Garantía – Soporte – Service

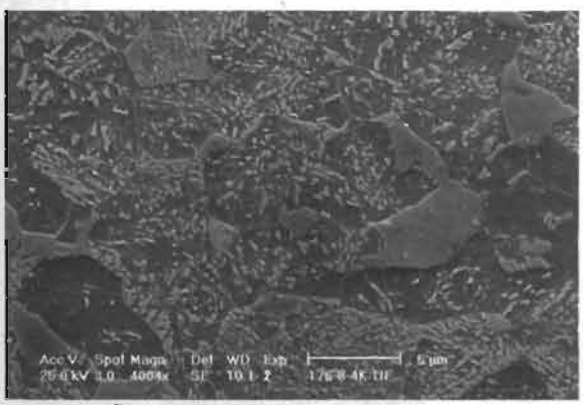
PerkinElmer Argentina S.R.L. Tronador 620 (C1427CNR) Bs. As., Argentina – Tel 54-11 4554-4004 (rot.)
Fax: 4554-2807- E-mail: pki-argentina@perkin-elmer.com

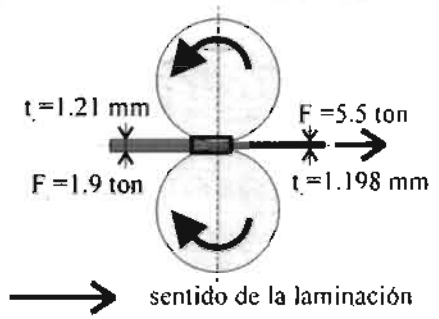
Centro de Investigación Industrial
Av. Córdoba 320 (1054) Buenos Aires, Argentina
Tel.: (54)-3489-435302 / Fax: (54)-11-4310-1000
e-mail: dvk@siderca.com

CINI

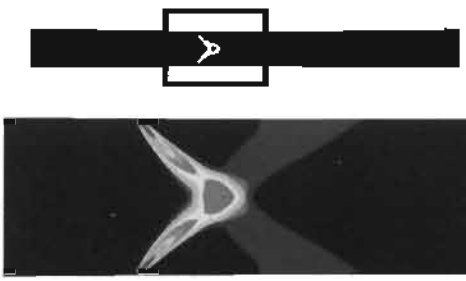






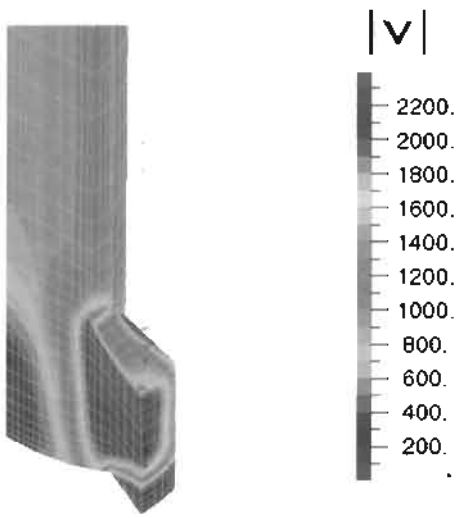


t = espesor de chapa F = Fuerzas de tiro



Velocidad de deformación efectiva

Modelo de laminación



Modelo del flujo de acero líquido en régimen turbulento

Fundación para el Desarrollo Tecnológico

TECHINT