

[illegible]

INTERACCIÓN

año 7

n. 10

HOY MÁS QUE NUNCA

Nuestra facultad no podía estar exenta, de lo que en nuestro país se reconoce como el fin de un período, en que los enemigos de lo popular y lo participativo se han mantenido agazapados, a la espera de mejores aires. Paradójicamente, estos aires le son sopladados en este momento por nosotros mismos, que en una serie de desentendimientos, abrimos espacio político a su ofensiva.

Esta situación se trasluce en la carta-renuncia que presentaron la Dra. Silvia Dubau y el Dr. Jorge Ratto, la que en una de sus partes dice: "Los esfuerzos para llevar adelante una actividad concertada de los tres claustros, docentes, alumnos y graduados, en la tarea de construir un Departamento de Física democrático, participativo, y de alto nivel académico, naufragaron por la desatención que el Decanato ha prestado a las sugerencias emanadas del Consejo Asesor Departamental (CADEP), que le fueron elevadas". Mientras este análisis condujo a la sorpresiva acefalía del departamento, cierto grupo de profesores, que tuvieron a su cargo la dirección del departamento durante los oscuros tiempos del absurdamente llamado "proceso de reorganización nacional", en reunión de docentes con el posible jefe interino del departamento existían que "se elimine ese organismo subversivo" en concreta referencia al CADEP.

Tal es el estado de cosas, y muchos los finales que puede tener esta situación: sobre todo teniendo en cuenta las presiones que a nivel rectorado han estado ejerciendo los sectores reaccionarios de nuestra facultad.

Frente a esto, la Comisión de Física se aboca a estudiar propuestas tales como cogobierno -del que existen antecedentes históricos- y los docentes auxiliares programan una reunión entre estudiantes, docentes y alumnos con el fin de terminar divisiones inútiles.

Hoy más que nunca, la Facultad es responsabilidad de todos. Hoy más que nunca, la participación y el interés son la herramienta. Hoy más que nunca, acercate a los organismos que te representan y participa.

editorial

estaf

ALBA DE CICCIO
ALEJANDRA KANDUS
CARLOS BORCHES
DANIEL VAZQUEZ
GUSTAVO STOLOVITZKY
JORGE SOFO
JOSE LORENZANA
NOEMI BELTRAN
MOIRA CHAS
PABLO COLL
PATRICIA WALSH

Colaboradores;
EDUARDO FLICHMAN
ESTEBAN REISING
ESTEBAN ROULET
FEDERICO HEINZ
GUILLERMO BOIDO
LEONARDO CIVALE
LUCAS MONZON
MANUEL SADOSKY
SILVIA OBERNAUER

Editada con la ayuda del Centro de Estudiantes de Ciencias Exactas y Naturales

Agradecemos a:

Elida Hermidas, Claudia Mateo, Diego Murta de Mendoza, Juan Aparicio, Pilar Lorenzana, Carolina (la prima de Pilar), María Laura García, Luis Nale, La familia de Alba por soportarnos, Espíritu Santo.

Y a Cristobal Pedregal por la portada de nuestra Interacción nº 9.

Nuestra portada:

Los primeros diezmil decimales de pi.

La responsabilidad sobre las opiniones vertidas en notas firmadas, es exclusiva de sus autores.

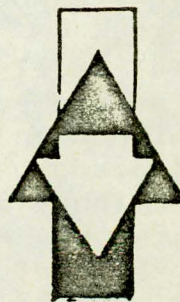
Registro de la propiedad intelectual en trámite.

Abril de 1985.

sumario

Editorial	1
-Concursos: La condición necesaria	3
-La democracia camina si ud. se mueve (com. de física y matemática)	8
-Mischa Cotlar: Un compromiso con nuestra matemática	11
-Sobre el caso Galileo. por G. Boido	15
-La filosofía de la ciencia de un teórico (2ª parte). por H. J. Robinson	21
-El ciclo básico común: Una experiencia inédita. por E. Flishman	24
-Programa J. Babini	27
-La entropía. por G. Gamow	29
-Matrices y polinomios: La pareja perfecta	35
-Comentarios semánticos sobre números y conceptos. por T. M. Simpson	41
-La máquina de Turing. por M. Sadosky	47
-Microcomputadoras	51
-Cefalea	54
-Cuentos	56
-Para recordar	62

Para participar en Interacción, o escribirnos, conectate con:



Gustavo Stoloovitzky
Lab. de Bajas Temperaturas.
Depto. de Física.
Pab. I, Ciudad Universitaria.
(1428) Buenos Aires
(t.e: 781-5020 / 29 int. 276)

CONCURSOS LA CONDICION NECESARIA

Por José G. García-Lorezana, Lucas Monzón y Esteban Roulet.
Estudiantes de nuestra Facultad

Para entender la situación actual de nuestra Facultad es conveniente echar una mirada hacia atrás en su evolución y en las distintas etapas que atravesó, ya sea de avance o de retroceso. Es necesario identificar las fuerzas que la impulsaron en uno u otro sentido y, en consecuencia, cual fue la gente que tuvo que renunciar o fue cesanteada y cual la que permaneció.

LA UNIVERSIDAD HASTA EL 66

Hasta entrada la década del 50 la UBA estaba dirigida por los grupos de Medicina, Ingeniería y Derecho, que tenían relegada a Ciencias Exactas a algo así como un seminario especial en la Facultad de Ingeniería. Se destacaba Matemáticas que había recibido el aporte de Rey Pastor, González Domínguez, Santaló y otros. Física contaba con unos pocos profesores que se repartían los distintos cursos; Así, Isnardi, que había recibido su diploma de manos de Planck, tenía a su cargo el dictado de 5 materias. Cada promoción no llegaba a la decena de alumnos.

En 1958 se dieron varios cambios en la UBA, uno de ellos fue que Exactas adquirió carácter de Facultad "independiente", trasladándose Matemática y Física al Pabellón I de la Ciudad Universitaria. Pero el cambio fundamental fue que por primera vez se reunieron los 3 claustros (docentes, alumnos y graduados) para redactar el estatuto que definió los objetivos y el funcionamiento de la Univ. durante los 8 años siguientes. En él se establecía que el gobierno de las Facultades estaría a cargo de un Consejo Directivo integrado por 8 profesores, 4 graduados y 4 estudiantes, todos elegidos por voto secreto y obligatorio de sus respectivos claustros. Es-

tos representantes elegían al Decano y, en una etapa posterior, todos los Consejos elegían a los docentes(5), graduados(5), y estudiantes(5) que junto a los Decanos, integraban el Consejo Superior. Este, por último, elegía al Rector.

Plena autonomía universitaria, concursos docentes con jurados de primer nivel; creación de carreras, institutos y laboratorios de vanguardia; becas de estudio e investigación, son algunos de los hechos que caracterizaron este período.

En el mismo año de 1958 se creó el Conicet y la carrera de investigador, que junto con los cargos docentes de dedicación exclusiva dieron un gran impulso a la investigación. Para desarrollar áreas específicas surgieron más tarde los Institutos de Cálculo, de Biología Marina y el Departamento de Industrias. También apareció Eudeba, que en 7 años de vida útil, hasta 1966, publicó 802 títulos en más de once millones y medio de ejemplares, o sea un libro cada 3 días. En sólo sus primeros tres años de vida, excedió el total de lo editado por las Univ. argentinas desde 1613.

En cuanto a las becas, en 1957 la Univ. ofrecía solamente 17. Al año siguiente esta cantidad ascendía a 800 entre alumnos y egresados. En 1962 eran 1400, de las cuales 250 beneficiaban a estudiantes de colegios secundarios.

Se consideraba que la investigación debía hacerse en la Univ., y en este sentido "El primer objetivo fue tener una 'masa crítica' de investigadores y un 'clima' de trabajo"⁽¹⁾. Así fue como en pocos años Ciencias Exactas llegó a ser la Facultad de mejor nivel en Latinoamérica y pionera en muchas áreas.

LO QUE EL GOLPE SE LLEVO

El golpe militar de 1966 significó el fin de todos los proyectos que se venían realizando. La Universidad fue brutalmente intervenida. Durante la "noche de los bastones largos" (29 de Julio de 1966) se llevó a cabo una cruenta represión con violencia física hacia estudiantes, profesores, y decanos (150 detenidos, 50 lesionados).⁽²⁾

Como consecuencia de la intervención, sólo en nuestra Facultad renunciaron 262 profesores, investigadores y auxiliares (ver recuadro).

Una "ley de facto" suprimió el gobierno tripartito y la autonomía universitaria. En nuestra Facultad Raúl Zardini fue nombrado decano interventor por el poder ejecutivo (Onganía). De ahí en más se vivió un largo período de oscurantismo y discriminación ideológica. La excepción, fueron los concursos llamados en 1970-71 que contaron con buenos jurados permitiendo el acceso a nuestra Facultad de científicos como los físicos Alberto Pignotti, Mario Mariscotti, Narek Bali, Miguel Angel Virasoro o Guido Bonfiglioli.

LA GRAN RAZZIA

En el año 1973 en el orden nacional sube Cárdena al gobierno y más tarde Perón al poder. Buena parte de los docentes que habían quedado fuera de la Univ. en el anterior período son reincorporados. Al año siguiente, en un marco de violencia cada vez mayor, muere Perón. La Univ. es nuevamente intervenida y durante la "misión" del ministro Ivanissevich es nombrado interventor Ottalagano.

Es aquí cuando se produce el segundo gran vaciamiento de la univ. En Septiembre de 1974 las Facultades son cerradas por varios meses, se dejan sin efecto todos los nombramientos interinos de docentes y no docentes y se rescinden todos los contratos anteriores a esa fecha.⁽³⁾ Nuevamente Zardini es designado Decano interventor en nuestra facultad. En Octubre, luego de esta cesantía masiva, fueron reincorporados aquellos docentes que contaban con la aprobación de la intervención. El saldo en Exactas fue la expulsión de 500 docentes.

RENUNCIANTES DE 1966

Rolando V. García (Decano y Jefe del Departamento de Meteorología), Manuel Sadosky (Vicedecano y Director del Instituto de Cálculo), Félix González Bonorino (Jefe del Departamento de Geología), Juan Ignacio Valencia (Jefe del Departamento de Biología), Mischa Cotlar (Profesor Plenario), Juan José Giambiagi (Jefe del Departamento de Física), Rodolfo Busch (Jefe del Departamento de Química Inorgánica y Química Física), Raúl Trucco (Jefe del Centro de Investigaciones Microbiológicas); Los profesores titulares: Carlos Varsavsky (Director del Instituto Radioastronómico), Juan G. Roederer (Director del Instituto de Radiación Cósmica), Carlos Bollini, Pedro E. Zadunaisky, Enrique Silberman, Daniel Bes, Gregorio Klimovsky; Profesores Asociados: Roque Carranza, Rubén Norscini, Cecilia Mossin Kotin, Amilcar Herrera, David Jacovski, Arístides J.B. Romero; Profesores Adjuntos: Carlos Abeledo, Mariana Weissman, Boris Spivakov, Horacio Farah, Cora Sadosky, Rubén Levitus, Tomás Busch, Juan Grotewold, Eduardo Flichman; Jefes de Trabajos Prácticos: C. Garibotti, M.A. Virasoro, Roberto Perazzo, A. Jech, Guillermo Dussel, Clara R. de Waldman, Víctor J. Yohai, Julio E. Boulliet, Guillermo Gallopin, Jorge C. Giambiagi, Mario Anzel, Sara B. de Rietti, M.E. Saluzzi, Domingo A. Herrero; Hugo Folguera, Gunterio Heineken; Personal Científico del Instituto de Cálculo: Rebeca Guber, Jorge F. Sabato; Ayudantes: Carlos A. Ruiz, Eduardo Dubuc, María C. Maggese, Marta Piantanida, Jorge Chirife, Hernán Bonadeo.

Estas listas son incompletas. Ver la totalidad de los nombres en La Nación (2 y 3 de Agosto de 1966)

Donde comen dos, comen dos.

LOS CONCURSOS DEL PROCESO

En Marzo del 76, el golpe militar que llevó al poder al general Videla inauguró el período de mayor represión que vivió nuestro país y, en consecuencia, la universidad.

En las postrimerías del "Proceso" (Febrero de 1982), el entonces rector Rodríguez Várela (designado por la junta militar), resolvió el llamado a concursos en la UBA. Esto no respondía a razones académicas (al menos en los 6 años anteriores esta inquietud no había surgido), sino que tenía como claro objetivo mantener por siete años más a un claustro que ya había sido suficientemente "depurado". Su intencionalidad estuvo asociada a otros intentos continuistas del proceso militar, como los del partido "oficial", la inamovilidad de los jueces, etc..

En esta época se vivía un clima realmente proscriptivo y persecutorio, que es fácil poner en evidencia con la legislación de esos años. Ya la ley "de facto" 21260 del 76, en su artículo 1 establecía: "Autorízase hasta el 31-12-76 a dar de baja, por razones de seguridad, al personal (...) que de cualquier forma se encuentre vinculado a actividades de carácter subversivo o disociadoras. Asimismo estarán comprendidos en la presen-

te disposición, aquellas que en forma abierta, encubierta o solapada preconicen o fomenten dichas actividades".

A su vez, la ley 21274/76 de régimen transitorio de prescindibilidad fijaba en su art. 3: "las bajas serán efectivizadas teniendo en cuenta la necesidad de producir un real y concreto proceso depurativo de la Administración pública, sin connotaciones partidistas o sectoriales." El personal dado de baja no podía reingresar por 5 años, plazo que luego fue prorrogado hasta 1983.

La ley 21276/76 para las univ. nacionales fijaba requisitos antidemocráticos para los docentes, estableciendo en su art. 12: "es incompatible con el ejercicio de la docencia universitaria o funciones académicas que le sean correlativas, todas aquellas actividades que se aparten del propósito y objetivos básicos fijados para el proceso de reorganización nacional." Por otra parte prohibía "... toda actividad que asuma formas de adoctrinamiento, propaganda, proselitismo o agitación de carácter político o gremial, docente, estudiantil y no docente" (art. 7).

La comparación entre la legislación de los concursos de los años 1982-83 y la de los años de la autonomía (1958-66) muestra las concepciones diametralmente opuestas de esas épocas.

	ESTATUTO UNIVERSITARIO DE 1958 RESOLUCION 484 DEL CONS. SUPERIOR (OCT. 1958)	LEY 21276 DE 1976 RESOLUCION 20 DEL CONS. SUPERIOR (FEB. 1982)
J U R A D O S	Art. 37d: "que los antecedentes, la versación (Est.) de los candidatos y su capacidad como docentes y como investigadores sólo sean juzgados por jurados de <u>autoridad e imparcialidad indiscutibles...</u> "	Art. 9: "Los miembros propuestos por el Consejo Académico deberán ser, o haber sido, profesores ordinarios de la especialidad o disciplina afín en esta u otra univ. del país, de jerarquía no inferior a la del cargo llamado..."
	"...jurados que, si es necesario, pueden ser integrados por personalidades argentinas o <u>extranjeras no pertenecientes a la universidad.</u> "	"...En <u>casos excepcionales</u> , por falta en el país de profesores que reúnan las condiciones requeridas, se podrá recurrir a quienes sean, o hallan sido, profesores de universidades extranjeras."
	Art. 7: "El Consejo Directivo de la facultad (C.S.) nombrará un jurado de no menos de 5 miembros, 2 nombrados directamente y el resto <u>elogados por sorteo</u> de entre una nómina de especialistas eminentes de la materia, confeccionada por el Cuerpo."	Art. 7: "Los miembros del jurado serán <u>designados</u> por el Consejo Superior de una lista de 5 candidatos como mínimo que serán propuestos por el Consejo Académico."
		Art. 8: "Los profesores de la UBA que se hallen en ejercicio de la cátedra <u>no podrán renunciar</u> a su designación como jurado."

Si Ud. permite que un triangulo amoroso se convierta...

ASPIRANTES	Art.38:"Los jurados (...)examinan minuciosa (Est.) mente las antecedentes y las aptitudes de los aspirantes a profesor y en ningún caso en sus pronunciamientos son computados como méritos de los candidatos la simple antigüedad en el dictado de cursos y/o la acumulación de publicaciones valor es caso o nulo." Art.37b: Se asegurará "la exclusión(...)de (Est.) todo favoritismo localista." Art.37c:"Que la integridad moral y la rectitud (Est.) cívica y universitaria(...) no puedan compensarse por méritos intelectuales."	Art.25b:"...se considerará en especial un antecedente de importancia relevante el desempeño del aspirante en el cargo concursado al tiempo de llamarse a concurso, como profesor ordinario o interino." Art.26:"El jurado podrá eximir de la prueba de oposición a los aspirantes que al tiempo, de sustanciarse el concurso se desempeñen como profesores ordinarios o interinos." Art.6:"La carencia de integridad moral y rectitud universitaria no se podrá suplir con méritos intelectuales."
IMPUGNAR	Art.9:"...las asociaciones de estudiantes y (CS) graduados reconocidas, y las asociaciones científicas y de profesionales podrán ejercer el derecho de objetar a los aspirantes inscriptos."	Art.11:Podrán impugnar"los profesores de esta universidad y los aspirantes"
DIFUSION	Art.4: El llamado a inscripción"se publicará (CS) por 3 días en 3 periódicos importantes(...), y se anunciará con carteles murales en las dependencias de la UBA. Se solicitará una publicación similar de las otras Univ. nac. y de instituciones científicas y culturales del país. La noticia podrá extenderse también a las Univ. e instituciones de otros países, y por todos los medios que resulten convenientes."	Art.3 : "...las facultades deberán publicar un aviso en 2 diarios durante 3 días."Se anunciará"mediante carteles murales en la facultad correspondiente", y, "procurará realizarse una publicación similar en las fac.dependientes de esta Univ. donde se dicten disciplinas iguales o afines."
IDEAS	Art.37b:Se asegurará"...la exclusión y la im (est.) posibilidad de toda discriminación ideológica o política..."	Arts.7 y 12: citados antes del comienzo (Ley) de este cuadro.
VEEDORES	Art.12:Podrán asistir, a todas las deliberaciones (C.S.) de los jurados, excepto las de elección de las pruebas, un delegado profesor, uno graduado y uno estudiante, designados por los miembros representantes de los claustros respectivos en los Consejos Directivos."	No se considera la posibilidad de veedores.

...en un círculo vicioso, Ud. es un cuadrado perfecto.

LAS CARTAS SOBRE LA MESA

Los concursos de los años 1982-83 fueron, desde su realización, cuestionados por amplios sectores de la comunidad científica. Muchos de ellos pidieron la anulación de los mismos. Sin embargo, el Congreso Nacional optó por otro camino que permite a las universidades "...revisar la aparente validez de los concursos realizados bajo el imperio de la ley N°22207." y la impugnación de estos a pedido de parte interesada.⁽⁴⁾

El 31 de Julio de 1984 los centros de estudiantes de la UBA y la Federación universitaria de Bs.As. (FUBA) y algunos centros de graduados (entre ellos el de Exactas) presentaron impugnaciones a la totalidad de los concursos. Días antes el Consejo Superior de la UBA había aprobado la creación de las Comisiones Asesoras de revisión de concursos que estarían compuestas por: cuatro profesores o ex-profesores de la facultad, dos estudiantes y un graduado. En Exactas los miembros titulares fueron los doctores Daniel Bes, Jorge Giambiagi, César Fernández Garrasino y María Elena Saluzzi. Los estudiantes Martín Giurfa y Carlos Cassanello y el Lic. Alberto Teschlewicz como representante de graduados.

El trabajo de esta comisión finalizó, luego de dos prórrogas, el 15 de Abril de este año, fecha en que se entregaron los dictámenes al Decano, quien luego de agregar sus apreciaciones los elevará al Consejo Superior que, en definitiva, decidirá sobre la anulación o confirmación de cada concurso.

La comisión tuvo como tarea la revisión de todos los concursos; esto es, más de 200 cargos de profesores ordinarios (titulares, asociados y adjuntos) de los cuales cerca de 120 están afectados por impugnaciones puntuales.

En los concursos bajo análisis hubo un pro-

medio de 1,35 concursantes por cargo, llegando en algunos departamentos a una relación uno a uno, lo que muestra que no fue una real convocatoria a la comunidad científica, sino más bien una confirmación de cargos. Oportunamente, algunos impugnantes denunciaron varias irregularidades. Hubo casos de falta de fundamentación, omisiones o afirmaciones incorrectas en los dictámenes, como ser: mencionar más trabajos que los realmente indicados por los concursantes o considerar como trabajos científicos valiosos: traducciones, notas necrológicas, trabajos de divulgación, guías de trabajos prácticos, resúmenes de trabajos, etc.. Otra característica reprochable es que el número de pruebas de oposición que se tomaron fue realmente ínfimo.

Otro defecto común aparecía en la integración de los jurados, que en varias oportunidades estaban formados por científicos sin afinidad con los cargos concursados; y en otras, por padrinos de tesis, directores de becas o coautores de artículos con los concursantes.

Por último, algunos fueron en áreas tan específicas que restringieron la posibilidad de concurrir a muy pocas y determinadas personas.

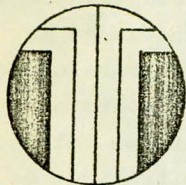
VOLVER A EMPEZAR

Lo actuado por la Comisión Asesora de revisión de concursos contribuirá a un real sinceramiento. En este sentido, es fundamental que el Consejo Superior dé curso a las impugnaciones y llame a nuevos concursos limpios, abiertos y democráticos.

Es necesario que el claustro estudiantil y el resto de la comunidad universitaria se preocupen e interesen por este problema ya que es imprescindible establecer puntos de partida claros, éticos y justos para poder empezar la construcción de la Universidad que todos queremos.

- (1) Entrevista a Rolando García. Ciencia Nueva N°13 (Nov. 1971)
- (2) Ver sección "Para recordar" en este mismo ejemplar.
- (3) Resolución Consejo Superior N°34 (27 de Sept. de 1974)
- (4) Decreto N°154/83 y Ley 23068 (Junio 1984). En esta última se deroga la ley "de facto" 22207 y se reestablece la vigencia del Estatuto de 1958.

COMISION DE FISICA



LA DEMOCRACIA CAMINA
SI USTED SE MUEVE

COMISION DE MATEMATICA

FISICA

¿Para qué existe una Comisión de Física?

Durante los últimos años la situación de nuestra facultad (y de la universidad en gral.) ha sufrido un proceso de achievement y regresión. Esto obedeció a un **plan bien** premeditado, acorde a una política impuesta por el imperialismo de mayor dependencia.

Para lograr esto se trabajó en la anulación de la participación estudiantil, como bien sabemos, mediante la represión y una intensa propaganda.

Se alentó así en nosotros, los estudiantes, la búsqueda de una alternativa individual, que tiene patas cortas en lo referente al hallazgo de soluciones auténticas.

El C.E.D.E.N es la organización en la cual discutimos nuestros problemas y decidimos el camino a seguir para su resolución colectiva, que es la única forma posible.

Entonces, contestando a la pregunta, la Comisión de Física (C.F.) es el ente en el cual buscamos las soluciones a los problemas específicos de nuestra carrera.

¿Qué hizo la comisión de física?

Realizó variadas tareas, entre las que las más importantes fueron:

- La Mesa Redonda sobre el perfil del físico en nuestro país, que brindó a los aproximadamente 300 asistentes una visión global de la carrera.
- El ciclo de conferencias, entre las que se destacan las de los Dres. Giambiagi y Roederer.

En el ámbito gremial:

- La obtención de mejores horarios de clases.
- Dictado en ambos cuatrimestres de materias.
- Aumento de partida presupuestaria para Trabajos Prácticos de Laboratorio II.

¿Qué se discute actualmente?

Sin lugar a dudas, el año que llevamos de trabajo en la comisión nos permitió obtener mayor experiencia e incorporar más gente a la misma, y con ello, tener cada vez mayor incidencia en las decisiones del Departamento de Física.

Se discuten temas vinculados a la forma de realizar los concursos universitarios, las impugnaciones de los del '82, planes de estudio, problemas específicos

Como temas de urgente resolución figuran la situación actual del Dpto. y el pedido expreso de nuestro decano para expedirnos acerca de la misma. Con respecto a esto se baraja la remota posibilidad de lograr que la conducción quede a cargo de un cuerpo constituido por graduados, docentes titulares, docentes auxiliares y alumnos.

En conjunto con las Comisiones de Matemáticas y de Computación, charlamos sobre la futura instalación de una fotocopiadora, librería y biblioteca del C.E.C.E.N. en el pabellón I.

Dado que se tratan nuestros problemas debemos ser todos nosotros los que debemos resolverlos, no solo en las reuniones de Comisión de Física sino también conversándolos en los cursos y utilizando a los delegados como canal de relación entre estos y aquella.

Te esperamos en la próxima reunión, el lugar, el local del C.E.C.E.N del pabellón I (que existe, damos fe de ello) la hora a fijarse.

de algunas materias, publicación de libros y apuntes, participación estudiantil en el cogobierno, etc.

~~~~~



~~~~~

MATEMATICA

Después de la comprensible euforia inicial y al llegar la hora del trabajo continuo y constante, la Comisión de Estudiantes de Matemática quedó integrada por un reducido grupo de gente con muchas ganas de hacer cosas por nuestra carrera. Tal vez sea un error nuestro no pasar todos los días por los cursos para contarles por qué es importante su participación para tratar de resolver nuestros problemas; tal vez no difundimos nuestras actividades y reunio-



nes lo suficiente. Pero debemos perseguir a los esutdiantes para hacerles comprender que es necesario que nos apoyen activamente en nuestras reivindicaciones? o es que no están enterados del pobre nivel docente general, de los horarios de materias impuestos por quién sabe que criterio, de la escasez de libros y revistas, de la penosa situación que atraviesa la investigación en Matemática...? Creo que nadie vendrá a resolver esto por nosotros y sería recomendable comenzar de lo que pudimos ha-

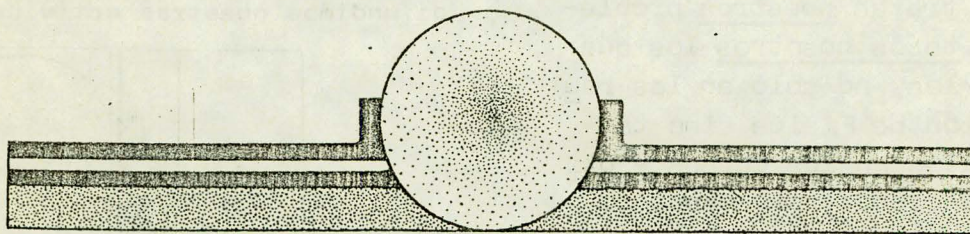
cer (poco o mucho) desde el segundo cuatrimestre del '84.

-Mediante la ley N° 23068 y decreto 154/83 se dispuso la revisión de los concursos del 82/83. Aunque nosotros propiciábamos la impugnación global de estos, apoyamos a la Comisión de Impugnaciones por ser la única alternativa posible.

-Organizamos un ciclo de charlas de Matemática de moderada repercusión. Entre charlistas contamos con la presencia del Decano de nuestra Facultad Profesor Gre-

gorio Klimovsky (Fundamentos de la Matemática), el director del Dpto de Matemática Dr. Zadunaisky (Qué es la matemática aplicada), los Dres. Dubuc y Fava (plan de estudios de 1982). Queremos darle continuidad a esto y se darán dos charlas sobre geometría algebraica el 23/4 y 26/4.

-Después de una interminable lucha y cuando lo creíamos definitivamente resuelto reapareció el problema de horarios de casi todas las materias. Para más información, ver nuestra cartelera en el primer piso del Pab I.

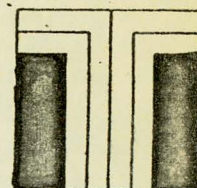


DEFINICION DE INTEGRAL



MISCHA COTLAR : un compromiso

con nuestra MATEMATICA



Luego de largos años de exilio involuntario, Mischa Cotlar estuvo nuevamente entre nosotros. Alejado de la Facultad luego de la tristemente célebre "noche de los bastones largos", pocos meses después del golpe fascista del '66, corrió la misma suerte que muchos de nuestros mayores hombres de ciencia; el exilio y la adaptación forzosa en otros países que recibían con los brazos abiertos un valioso material intelectual totalmente gratuito (gentileza de los militares del cono sur).

Siguiendo una vieja tradición, muy arraigada en el ámbito estudiantil, Interacción esperó la última semana de su estadía en Buenos Aires para —mientras hacía las valijas— realizar este reportaje.

Lamentablemente, por el poco tiempo de que disponemos, muchos temas quedaron en el tintero; pero tenemos la esperanza que en poco tiempo más se produzca el retorno definitivo de este, por sobre todas las cosas, gran ser humano.

Interacción— Cuando uno revisa la historia de la ciencia en Argentina y, en particular, de nuestra Facultad, surge como punto máximo el período que terminó trágicamente en el '66. Cuales fueron los factores fundamentales que los movilizaron a alcanzar tales logros en tan corto tiempo?

Mischa Cotlar— En el '58 se inició una nueva etapa, una renovación. Veníamos de un período muy gris y había mucha gente llena de entusiasmo, con ganas de

nacer cosas. Me parece que lo más importante fue la calidad humana de quienes integraban la Facultad. Por supuesto hay que analizar esto comparándolo con lo que había antes.

Int.— Cuando Ud. menciona la etapa que precedió al '58 se refiere a partir de la creación de nuestra Facultad en 1953?

M.C.— No, antes. Para que tengan una idea de cómo fueron las cosas, hasta el año 44 o 45 estaba solamente Rey Pastor y el Dto. de Matemática era una pequeña habitación con una pizarra y una biblioteca muy linda. Sin embargo no había muchas oportunidades de sacar libros, así que nos pasábamos muchas noches copiando. Ahora bien, parece que este departamento, que en realidad se llamaba Seminario de Matemática y pertenecía a la Facultad de Ingeniería, molestaba a los decanatos, así que nos trasladaron a un edificio que dependía de la marina. Posteriormente Perón crea la Facultad de Ciencias en 1952 (1).

El problema era entonces que para ser docente de la Fac. había que firmar adhesión al Justicialismo, de modo que en el año '52 aproximadamente se interrumpió todo.

A todo esto se hacían las reuniones de la Unión Matemática Argentina, donde se formó un pequeño grupo en el que participaron Varsarsky, Ricabarra, Zarantonello, Klimovsky; todo esto por iniciativa de Monteiro, no sé si conocen a Monteiro.

Int.- No.

M.C.- Monteiro fue uno de los más ilustres matemáticos que llegó a este continente; fundamentalmente trabajaba en lógica y había hecho muchas cosas en su país, Portugal, hasta que fue echado por la dictadura de Oliveira Salazar. Luego se doctoró en Francia y de allí fue a parar a Brasil, que le debe su inicio en matemática, aunque también se tuvo que ir como consecuencia de sus ideas marxistas. Entonces se vino para Argentina, llendo a parar a San Juan.

En San Juan formó un grupo de donde salieron entre otros Villamayor. Monteiro había conocido al rector de la Univ. de Cuyo, Cruz, una persona muy interesante y amigo de Perón. Era una persona muy persuasiva, decía "venga, venga vamos a hablar" y lo "pervertía" a uno, uno terminaba haciendo lógica o cualquier cosa. El asunto es que había con-

vencido a Cruz de hacer un Dto. de Investigación Científica (DIC), que ya algo había; Monteiro se encargaría de fundar el Instituto de Matemática y Cruz cubriría cualquier situación irregular frente al gobierno. Así que nos fuimos todos para Mendoza y como no teníamos casa nos fuimos todos a la de Ricabarra, que era muy grande. Nos dedicábamos a investigar y a cuidar a los becarios, era realmente muy lindo; teníamos distribuidas las tareas de la casa, lavar los platos y ese tipo de cosas, y después de cenar nos íbamos a leer libros de autores no necesariamente matemáticos como E. Fromm, Sartre y otros. Varsarsky, que era medio dictador, comandaba esas cosas.

Int.- Oscar Varsarsky?

M.C.- Sí, Oscar Varsarsky. Fue probablemente uno de los hombres de mayor cultura científica. Originalmente fue químico

SEMBLANZA DE UN AUTODIDACTA

Mischa Cotlar nació en 1913 en Sarney, Kiev, Rusia. En la década de 1930-1940 llegó al río de la Plata y después de unos años en Montevideo, donde actuó como pianista profesional, se radica definitivamente en Buenos Aires en 1939. Sin tener estudios académicos regulares, su producción matemática comienza con un trabajo titulado "Théorie d'Anagenes", presentado en forma resumida a un congreso de Burdeos (1939) y luego publicado en extenso en "Teoría de Anágenos" I y II, en los ANALES DE LA SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA, 1959, pág.150. En 1940

publica "Familias normales de funciones no-analíticas", ANALES DE LA SOC. CIENT. ARGENTINA 1940, pág. 3-25, y "Conjuntos no-medibles y generalización de la integral de Lebesgue", Publicaciones del Instituto de Matemáticas de la Universidad del Litoral, Rosario, vol II, 1940, págs. 1-25. Desde entonces, las colaboraciones de Cotlar a las reuniones científicas de la Unión Matemática Argentina, al seminario de Rey Pastor y a otras revistas matemáticas argentinas y extranjeras es casi continuada. La matemática tuvo para Cotlar, sobre todo en los primeros años de su producción

un particular sentido metafísico; en 1943 publica en el vol 3 de MATHEMATICAE NOTAE, págs. 74-100, Rosario, un artículo sobre Wronski, con fuerte inclinación hacia terrenos trascendentes. En sus trabajos posteriores Cotlar evolucionó, cada vez más, hacia la matemática positiva y ortodoxa. Su esposa, Yanny Frenkel, fue también matemática de importante actuación en el seminario de Rey Pastor y en la creación y conducción de la UMA en sus comienzos.

Durante sus primeros años en Buenos Aires, Mischa Cotlar no tenía ningún diploma de estudios regulares, lo que hacía difícil, por trabas reglamentarias, su nombramiento para car-

y tuvo mucho éxito, luego se interesó por la mecánica cuántica y de allí pasó a las integrales de Fourier; recuerdo que había ido a ver a Gonzales Dominguez y éste le dió el libro de Tituhmarsh (señala un espesor de 7 cm) pensando que tendría para un tiempo largo, a las tres semanas ya había regresado y hablaba de igual a igual con Gonzzlez Dominguez. De allí pasó a la lógica. Además sabía mucho de ciencias sociales y tenía una enorme capacidad organizativa.

Esa época fue muy hermosa, se trabajaba con mucha libertad, no se podía distinguir entre profesores y alumnos. En el '55, cuando cayó Perón, fue nombrado decano un señor que había estado preso y veía peronistas por todos lados, y al darse cuenta que el DIC era una iniciativa peronista fue cerrado y con él una publicación que estaba subencionada por la UNESCO. (Revista Matemática Cuyana). De este grupo la mayoría nos vinimos para Bs. As., otros fueron a La Plata y

algunos, Monteiro inclusive, a Bahía Blanca, por invitación del Rector, Vicente Fatone.

Así como este señor deshizo el Inst. de Cuyo, en Bs. As. el grupo que tomó la dirección de la Fac. acompañando a Babiní no destruyó lo que había. Se tuvo el buen tino de ver que había gente valiosa y en los primeros concursos (1958) regularizaron su situación.

Int.- Y nos vamos acercando a los años sesenta.

M.C.- En esa época se trabajó mucho, se creó el Instituto de Cálculo (2) y una serie de publicaciones de la Facultad ideada y editada por Cora Ratto de Sadosky (3). También estaba la Fundación Einstein, creada nuevamente por iniciativa de Cora Ratto de Sadosky, cuya misión era facilitar el estudio de jóvenes talentosos carentes de recursos.

Int.- Cuál era el origen de los fondos para las becas?

gos docentes en instituciones oficiales; debía trabajar en clases particulares o institutos privados. Sus primeros cargos universitarios fueron: investigador en la Universidad de la Plata (1946-1947), investigador en la Universidad de Buenos Aires (1948-1950). En 1951 consigue una beca Guggenheim y se traslada a la Universidad de Chicago, donde recibe el grado de Doctor en Matemáticas en 1953. A su regreso a la Argentina, ya vencido el obstáculo del diploma, es nombrado director del Instituto de Matemáticas del Departamento de Investigaciones Científicas de la Universidad de Cu

yo (DIC), con sede en Mendoza (1953-1956). En 1956 es nombrado profesor con dedicación exclusiva en la Universidad de La Plata (1956-1956), y en 1957 pasa a la Facultad de Ciencias de Buenos Aires, donde permanece hasta 1966, en la que renuncia al cargo. Desde entonces es profesor visitante de varias universidades: Rutgers University (1967), Universidad de Niza (1969), Caracas (1971).

La labor matemática de Cotlar ha sido notable como investigador (sus trabajos sobre Análisis Funcional son muchos e importantes) y como formador de alumnos.

(Extraído de Historia de las Ciencias en Argentina 1923-1972, Tomo I Matemática. Redactor: Luis Santaló. Sociedad Científica Argentina, 1972. Pág 75, 76.

A partir de 1974 Cotlar se radicó en Caracas, donde continuó una extensa colaboración con Cora Sadosky. Desde esa fecha es profesor de la Universidad Central de Venezuela, y su obra germinó en la formación de un activo grupo de análisis armónico y funcional.

En 1984 recibió en Premio Nacional de Ciencias de Venezuela, por su fecunda labor de investigación y docencia en aquel país.

M.C.- Eran pequeñas contribuciones privadas. La fundación era pequeña y estaba manejada por un grupo de profesores de la Fac. que seleccionaba y cuidaba a los becarios.

Al hacer un balance uno puede ver los buenos resultados de la gente que pasó por la fundación y el éxito profesional que obtuvieron, como Porta o Segovia, Fattorini o Virasoro. Era un honor ser becario de la Fundación.

En el '66, con el alejamiento de muchos profesores de la Facultad, la Fundación perdió su razón de ser y cerró, pero esta experiencia ya había servido como base para el plan de becas de la Universidad.

Int.+ Para ir terminando, son muchas las cosas que se dicen, que se van tejiendo en torno a su persona; para aclarar un poco, cómo se inicia Ud. en la actividad matemática?

M.C.- Las cosas personales no son muy interesantes, pero puedo decir que a mí me ayudaron muchísimo. Yo fui autodidacta; y con mi padre, que era emigrante, llegamos a América; pero yo sólo pude hacer un año de escuela primaria y después no fui más; pero mi padre tenía una biblioteca muy grande y él me hablaba cosas, y esto me entusiasmaba; las primeras cosas las aprendí con mi padre.

Pero en Montevideo, donde vivíamos, yo tocaba el piano, entraba a las cuatro de la tarde y salía a las cuatro de la mañana, así que no podía estudiar.

Después conocí a Rafael Laguardia, que es el fundador de la matemática uruguaya y que había formado un grupito donde estaba también José Luis Massera. Posteriormente conocí a Rey Pastor y vine para Buenos Aires; aquí me ayudó mucho el Dr. Vignaux y mi compañera (la Dra. Yanny Frenkel).

En 1951 me otorgaron una beca para ir a Chicago y me fui. Allí asistía a las

clases de Zygmund que me decía "¿Qué hace Ud. acá? Vaya y haga sus cosas". Obtuve el doctorado y volví a la Argentina.

Notas

(1) "Hasta 1952, el Departamento de Matemáticas y los estudios de Licenciatura y Doctorado pertenecían a la llamada Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, conocida más bien y más propiamente como Facultad de Ingeniería, pues en ella se hacían los estudios para ingeniero (en sus diversas ramas) carrera que seguían la mayoría de los alumnos de la Facultad. Poco a poco el número de alumnos de las Licenciaturas (química, física, matemática, ciencias naturales) fue creciendo y en 1952 estuvo justificada la división de la Fac. en dos: la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Ciencias Exactas Y Naturales". SANTALO Luis, Historia de las Ciencias en la República Argentina 1923-1972, Tomo I Matemática. Soc. Científica Argentina (pág. 68).

(2) En 1959 el Dr. Manuel Sadosky creó el Instituto de Cálculo, del que fue nombrado director. Entonces se compra la primera computadora que funciona en la Argentina, "Clementina", una Mercury de Ferranti, marca inglesa, que fue masivamente modificada por ingenieros y computistas argentinos bajo la dirección del Ing. Jonas Paiuk. El Instituto de Cálculo, además de colaborar con el Dto. de Física y otros departamentos de la Facultad y Centros del interior del país para tareas de investigación, sentó un precedente en la historia científica argentina al establecer vínculos operativos con organismos estatales como YPF, Segba, Agua y Energía, para la solución de problemas específicos. Se hicieron modelos hidráulicos y otros, cuyos pione-

continúa en la pag. N°40

SOBRE EL CASO GALILEO

por Guillermo Boido

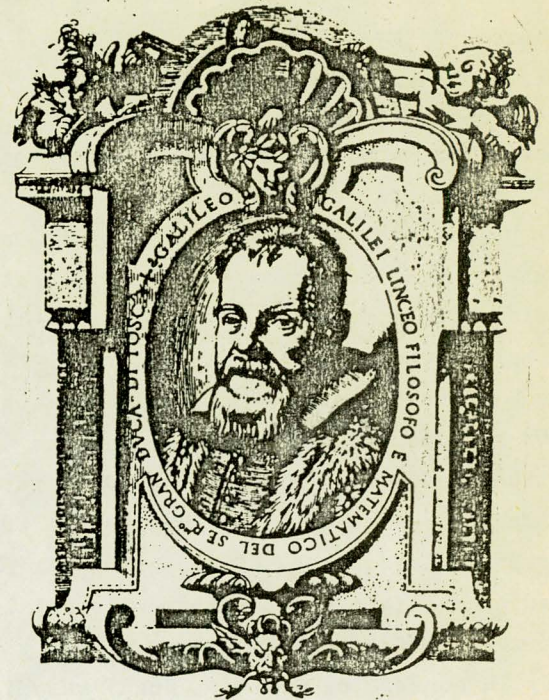
Programa de Epistemología
e Historia de la Ciencia,
F.C.E.N.

El programa galileano

En la segunda década del siglo XVI, el hombre a quien Einstein llamara "el padre de la moderna ciencia de la naturaleza" concibió un ambicioso proyecto político-cultural destinado a ganar para la nueva ciencia experimental todo el poder secular y eclesiástico de su época. Galileo Galilei (1564-1642), por entonces matemático oficial del Gran Duque de Toscana, Cosme II, era un hombre áspero y franco, amante de la polémica y la abierta confrontación de ideas: la autoridad de mil hombres, escribió, no vale lo que los humildes razonamientos de un solo individuo.

En su opinión, la ciencia no podía ser concebida como tarea solitaria y de alcances restringidos a una comunidad de espíritus selectos; entrevió, lúcidamente, la estrecha simbiosis entre ciencia y sociedad, característica de los tiempos modernos. Comprometió por tanto todo su genio intelectual, su asombrosa vitalidad y su talento publicitario en la empresa de persuadir al poder político de promover la investigación científica.

Al mundo académico de las universidades, cuya autoridad radicaba en la invocación de Aristóteles y el uso de la toga, destinó el desprecio y la argumentación brillante; y así se hará de enemigos irreconciliables, que más adelante precipitarán su tragedia. Contó en cambio con la adhesión de príncipes y cortesanos, señores de la burguesía para quienes la nueva ciencia se revelaba más ade-



*Retrato de Galileo, del Saggiatore,
Roma, 1623.*

cuada como fuente de poder tecnológico que los tratados de Aristóteles o las divagaciones especulativas de la filosofía tradicional. Era conveniente promover la buena y provechosa ciencia capaz de predecir la trayectoria de los proyectiles o decidir el procedimiento más eficaz para la construcción de un puente.

Pero el flanco eclesiástico ofreció a Galileo dificultades de naturaleza muy diferente, a la postre insalvables. En el único libro de Nicolás Copérnico, publicado en 1543, Galileo y su eminente contemporáneo, el astrónomo alemán Johannes Kepler, habían reconocido no sólo un nuevo sistema planetario sino una embrionaria cosmología revolucionaria. En el siglo XVI el modelo geocéntrico de Ptolomeo era una técnica de cálculo para uso de astrónomos pero, al mismo tiempo, formaba parte de un cuadro cosmológico cimentado en la física de Aristóteles e interpretado por la Iglesia en términos teológicos que lo adecuaban a la palabra bíblica. Los estudios mecánicos que Ga-

Hay que preguntarle a Rasquín cómo está el Klimovsky.

Galileo había realizado en su juventud, en Pisa y luego en Padua, lo convencieron de la inadecuación de la física aristotélica como fundamento de una cosmología de raíz copernicana; y cuando, en 1610, un rudimentario telescopio reveló a sus ojos evidencias en favor de la tesis heliocéntrica, no vaciló en protagonizar una cruzada destinada a mostrar al poder eclesiástico la necesidad de conciliar el dogma con la ciencia, la Escritura con los resultados de la investigación. El científico querrá salvar la autonomía de su actividad ante el cuestionamiento teológico; el honesto creyente, impedir que su Iglesia cometiese el trágico error de asimilar los fundamentos del pensamiento cristiano a su expresión temporal e histórica. No lo logró. A tres siglos y medio de la condena de Galileo, Juan Pablo II atribuye la intransigencia eclesiástica de 1633 a "una lectura de la Biblia culturalmente influida", tesis que es, irónicamente, antropológica, es decir, científica.

La primera derrota

Allí está por ejemplo, en la Biblia, el episodio de la batalla de Gabaón, donde Josué ordena detenerse al Sol y no a la Tierra.

Bien lo sabía en 1613 el obispo de Fiesole, quien desde el púlpito exigía que se encarcelara a Copérnico, muerto setenta y dos años atrás. Consultado en privado por su amigo Galileo, el cardenal Conti opinaba que, en el futuro, quizá la Iglesia se aviniese a aceptar una interpretación no literal de ciertos pasajes bíblicos, pero que el momento no había llegado todavía. (El momento demoró casi tres siglos: fue en 1893). Pese al prudente consejo, Galileo lanzó en cartas divulgadas en 1613 y 1615 su tesis del "doble lenguaje": el científico que renuncia al lenguaje bíblico, destinado al vulgo iletrado, no renuncia a la Biblia ni a su autoridad; se limita a traducir la verdad revelada al lenguaje matemático en el que Dios escribió el "libro de la naturaleza". La teología es reina en virtud

de la excelsitud del tema que trata, y en modo alguno puede rebajarse a reunir o sintetizar el conocimiento que ofrecen las "ciencias menores" como la geometría o la astronomía.

Si ello es así, ¿por qué el teólogo habría de inmiscuirse en cuestiones científicas que desconoce? Sería, dice Galileo, como si un poderoso príncipe, sin ser médico o arquitecto, ordenase que se curara o construyera según sus indicaciones, con grave perjuicio para enfermos y edificios.

La reacción ante este reclamo de autonomía para la ciencia fue un portazo brutal en las narices de Galileo. Como respuesta al desafío o protestante, el Concilio de Trento (finalizado en 1563) había precisado al máximo la doctrina; desde Roma, el Santo Oficio actuaba a modo de policía intelectual en defensa de la ortodoxia.

Alentadas por el flanco conservador de la Iglesia, la orden dominica, arreciaron las denuncias: el matemático ducal no sólo profesaba doctrinas temerarias, ¡pretendía además enseñarles su oficio a los teólogos! Fue decisiva entonces la intervención de la eminencia gris de la Contrarreforma y maestro en cuestiones de controversia, el teólogo papal Roberto Bellarmino. En su calidad de consultor del Santo Oficio, Bellarmino había enviado en 1600 a Giordano Bruno a la hoguera, y desde 1611 no quitaba los ojos de cuanto hiciese o dijera Galileo. A diferencia de algunos tercios académicos, él sí había mirado a través del telescopio y lo que había visto no dejaba de inquietarlo. Le tenía sin cuidado que los astrónomos empleasen el modelo copernicano a modo de instrumento para el cálculo de órbitas y posiciones planetarias, a condición de que ese Sol quieto y esa Tierra móvil fueran concebidos en el marco de una mera suposición sin pretensiones de realidad; en suma: como una ficción útil. Hablar así del copernicanismo, había escrito al padre Foscarini, partidario de Galileo, "es hablar con buen sentido y sin correr

riesgo alguno". La propuesta del "doble lenguaje" debió por tanto resultarle temeraria, pues admitía la posibilidad de afirmar con fundamento aquello que Galileo, en su fuero íntimo, sostenía con vehemencia: la realidad del copernicanismo, la certeza de que en verdad la Tierra gira alrededor de un Sol inmóvil. Por lo demás, conceder un margen de autonomía para la ciencia, tal como reclamaba Galileo, podía actuar a la larga a manera de boomerang y acaso el éxito en el campo de la mecánica o la astronomía no conduciría a los nuevos estudios a emplear sus métodos en el orbe de lo ético o aun lo religioso? Era necesario, pues, acallar a ese hombre, aunque fuese (y quizá por ello mismo) el más célebre científico europeo.

El contraataque fue lanzado en febrero de 1616. En sesión secreta, los expertos del Santo Oficio declararon "herética" la opinión de que el Sol, inmóvil, es el centro del mundo; un decreto posterior incluyó al libro de Copérnico en el Index hasta tanto fuere "corregido", pero aquí no aparece el término "heréjia". El nombre de Galileo nunca fue públicamente mencionado, probablemente en razón de tratarse de un funcionario del poderoso Gran Duque de Toscana; sin embargo, el verdadero protagonista del episodio fue citado ante Bellarmino y otros miembros de la Congregación y exhortado a abandonar la censurada opinión. No conocemos con exactitud lo sucedido allí, y el margen de incertidumbre ha dado lugar a una abundante literatura polémica. Hoy parece incuestionable que Galileo aceptó con prudencia la intimación de no defender ni sostener la doctrina copernicana; no prometió, en cambio, dejar de enseñar la o discutirla al modo en que Bellarmino lo aprobaba, es decir, como mera ficción o instrumento de cálculo. Pero entre los documentos secretos del "caso Galileo" archivados en el Vaticano se conserva el borrador de un acta donde se da cuenta de la imposición formal de un mandato absoluto: la prohibición de "sostener, enseñar o convertir en objeto de demostración, de cualquier modo" el sistema de Copérnico.

En opinión de Giorgio de Santillana, eminentemente estudioso contemporáneo del caso, el documento fue fraguado en 1616 por el Comisario del Santo Oficio sin el conocimiento de Bellarmino. Será la piedra de toque del futuro proceso de 1633, pues agravará la situación procesal de Galileo al volverlo sospechoso de perjurio. Transitoriamente derrotado, Galileo volvió a Florencia y aguardó una nueva oportunidad. En el expediente del episodio de 1616, en Roma, una bomba de tiempo había sido detonada.

La tormenta

Bellarmino murió en 1621. Los hombres, había dicho cierta vez, son como ranas: andan por allí con la boca abierta, atraídos por la tentación de cosas que no les conciernen. Por el contrario, el Cardenal Maffeo Barberini parecía pensar que a veces el croar de las ranas semeja la voz de Dios. Decía amar las letras y las artes, y en 1620 escribió un poema en homenaje a su amigo Galileo, al que elogiaba públicamente. Tres años más tarde la providencia pareció intervenir para inaugurar una época de apertura y diálogo entre la cultura y la fe: con el nombre de Urbano VIII, Barberini fue elegido papa. Pronto iba a comprender Galileo que se trataba de un espejismo. Ambos sostuvieron seis largas conversaciones en Roma; Galileo volvió a Florencia con halagos personales pero ninguna certeza: el nuevo papa, amablemente pero con firmeza, insistió en la tesis de Bellarmino de 1616 y se negó a reconsiderar el decreto de condena del copernicanismo. Aseguró, sin embargo, que Galileo podía escribir libremente acerca de ello en los términos conjeturales que no comprometían la cosmología geocéntrica oficial.

Galileo escribió. Los sucesos de 1616 habían alejado de la investigación científica a muchos creyentes y eclesiásticos; en particular, algunos importantes astrónomos de la or-

den jesuita, la avanzada intelectual de la Iglesia, debieron resignar su adhesión inicial al copernicanismo y ahora hostilizaban abiertamente a Galileo. Los jesuitas Grassi y Scheiner, ridiculizados por Galileo en sus escritos, promoverían luego el proceso de 1633; el Comisario del Santo Oficio en esa oportunidad no sería otro que el padre Firenzuola, criticado por Galileo a propósito de un problema de ingeniería militar. Pero en 1624 todo parecía indicar que el antiguo proyecto de Galileo podía ser retomado, al menos bajo una forma más modesta; se trataba ahora de impedir, tan sólo, que el diálogo quedase irremediablemente trunco. Los argumentos en favor y en contra de Copérnico debían ser expuestos ante un público masivo y, muy en especial, a la consideración de las mentes más lúcidas y progresistas del clero. El resultado fue una obra maestra de la literatura polémica y el primer gran manifiesto de la ciencia moderna, los Diálogos acerca de los máximos sistemas del mundo. Escrita en italiano y no en el académico latín, el libro propone un diálogo franco entre dos personajes que defienden, respectivamente, las tesis ptolemaica y copernicana, y un tercero que juzga las argumentaciones de sus interlocutores. La censura eclesiástica no opuso reparos y el libro apareció a comienzos de 1632.

Entonces estalló abiertamente la tormenta.

Urbano VIII afrontaba una dura crisis política. Había sido elegido con el apoyo de los cardenales filofranceses en momentos en que Francia emergía del predominio hispano y austríaco. El mismísimo cardenal español Borgia lo acusaba de transar con herejes y carecer del "celo apostólico" de sus antecesores. También se le imputaba haber sacrificado los intereses de la Iglesia a su ambición personal, su nepotismo y su vanidad (en verdad, fue el primer pontífice que admitió la erección de su monumento en vida). Sospechaba una conspiración; temía ser envenenado. Influentes adversarios de Galileo alimentaron en el papa el

rencor hacia el sabio; así, Urbano VIII fue persuadido de que en los Diálogos se ridiculizaba su persona. Enfurecido, decidió asestar un golpe que restableciera su autoridad en la figura del más prestigioso servidor de la casa de Medici, partidaria de España. Galileo fue conminado a presentarse en Roma: ni su edad avanzada, su enfermedad o la peste que asolaba los caminos sirvieron de pretexto. Con sordida unanimidad, poderosos señores a quienes había servido durante décadas y altos prelados que habían hecho ostentación de su amistad le volvieron la espalda. El nuevo Gran Duque, Fernando I, le envió una litera y le deseó buen viaje. Ante la amenaza de ser conducido a las cárceles de la Inquisición "ligado con hierros si es preciso", Galileo partió finalmente durante el crudo invierno de comienzos de 1633. Estaba solo.

La condena

Ante el tribunal inquisitorial, el acusado ignora los cargos, carece de defensor y el fiscal puede mencionar pruebas sin necesidad de exhibirlas. En el caso de Galileo, los detalles del proceso carecen de relevancia filosófica; se reducen, en síntesis, a una serie de maniobras y argucias legales destinadas a atemorizar a un anciano enfermo. Así y todo, la telaraña debió ser montada con dificultades, pues, ¿cuál era, en concreto, la acusación que justificaba la presencia de Galileo ante sus jueces? Los Diálogos se habían publicado con autorización eclesiástica y no era posible condenar a su autor simplemente por haberse ocupado del sistema copernicano. Por tanto se esgrimió el documento apócrifo de 1616 y se halló a Galileo culpable de haber transgredido la presunta prohibición absoluta de exponer, de cualquier modo, el heliocentrismo, amén de haber procedido de mala fe por no haber mencionado el inexistente mandato ante los censores.

Finalmente, se lo encontró "vehementemente sospechoso de herejía". Así, al fraude se agregó una inconsistencia, pues el carácter he-

rético del copernicanismo nunca había sido confirmado por un infalible pronunciamiento papal o por un Concilio Ecnménico.

En verdad la sentencia había sido pronunciada mucho antes de que Galileo compareciese en presencia de los jueces. A los censores, por incompetencia, había escapado que los Diálogos encubren una apasionada defensa de una cosmología incompatible con la ortodoxia; la teoría galileana de las mareas, aunque errónea, es un intento de mostrar la realidad física del heliocentrismo. De haberlo querido, el Santo Oficio hubiese podido fundamentar una condena de muerte para Galileo. Pero al entorno papal le bastaba acallar a la ciencia en la concreta humillación de su máximo y detestado representante: la abjuración probaría a Europa, además, que el poder eclesiástico era capaz aún de amedrentar a un coloso intelectual sin derramar sangre. El fanatismo hubiera convertido a Galileo en mártir; su justificable temor, en cambio, ofreció a la historia de las ideas la obra impar de sus restantes ocho años de vida.

La posteridad construyó el mito del librepensador a quien debió aplicarse la tortura para arrancarle la retractación y que, luego de que mar su propio libro ante los jueces, osó afirmar Eppur si muove. En realidad, el hombre concreto que el 22 de junio de 1633 se arrodilló ante el majestuoso tinglado inquisitorial y maldijo la causa a la que había ofrecido su vida era un septuagenario tembloroso, moralmente aniquilado por lo que luego habría de llamar "una conjura de la ignorancia, madre de la malignidad y de la envidia". Sólo meses después, en la villa de Arcetri donde permaneció recluido por orden del Santo Oficio hasta su muerte, pudo recuperar su estatura de gigante y escribir su obra maestra, los Discursos acerca de dos nuevas ciencias, piedra basal de la física moderna y de la nueva cosmología que edificaría, antes de concluir el siglo, Isaac Newton.

La parodia jurídica y su culminación, la

condena de Galileo, destruyó la ciencia en Italia pero no pudo impedir su acelerado desarrollo en los países desvinculados de la autoridad romana, en especial Holanda e Inglaterra, donde fructificaría el pensamiento del gran humillado. El desenlace fue considerado insensato por todos aquellos que, en el campo eclesiástico y fuera de él, confiaban en erigir una Iglesia renovada capaz de protagonizar sin antagonismos la construcción de un tiempo nuevo. No estaban equivocados. La historia de la ciencia ha destruido parte de una leyenda, pero ello no podrá nunca silenciar esas palabras lacerantes, yo, arrodillado, juro que creo, y abjuro, y aborrezco mis errores, y me someto al castigo, ni el sentido de un texto cuya aterradora modernidad nos recuerda que hay, o puede haber, un Galileo en cada uno de nosotros.



2. Portada interior del Diálogo sobre los Máximos Sistemas, Florencia, 1623, en la que están representados Aristóteles, Ptolomeo y Copérnico (Arborio Mella).

El proceso, hoy

La revolución copernicana, enérgicamente alimentada por el fervor de Galileo, inició la lenta disolución del dogma que identificaba el mito cristiano con la historia. Aferrado a él, la teología llevó la peor parte en la controversia desatada en los siglos siguientes y su papel se redujo, como escribe un historiador, a "desarrollar acciones de retaguardia con cortinas de humo intelectual para cubrir la retirada". El darwinismo asestó el golpe de gracia a la interpretación literal de un relato que transcurre entre la caída de Adán y el Juicio. Hoy el mito no remite a una temporalidad concreta sino al corazón del hombre: la serpiente está allí para recordarnos la tentación ante el poder y el riesgo que involucra su ejercicio. En este marco, a su modo y desde su tiempo, Galileo imaginó el diálogo entre la ciencia y la fe, y en él se inscribe la decisión papal destinada a la eventual revocación de su condena.

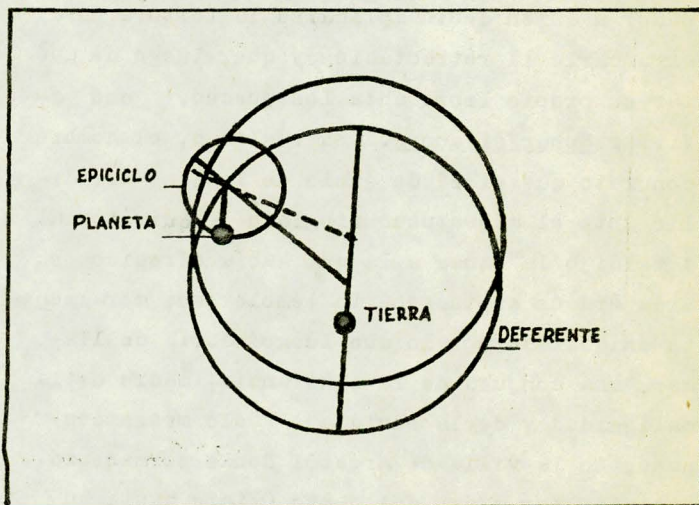
Pero el episodio permanece, indemne. ¿Bastará desagaviar la memoria de Galileo, recuperarlo para el catolicismo, censurar la ceguera doctrinal de quienes lo humillaron en virtud de una "lectura de la Biblia culturalmente influida"? Afortunadamente, la palabra de

Juan Pablo II parece inclinarse por la negativa. Al mencionar el sufrimiento que debió padecer Galileo en manos de "ciertos cuerpos de la Iglesia", nos recuerda que en verdad nunca existió un "caso Galileo" sino un "caso Santo Oficio". ¿En qué marco inscribir hoy el suplicio de Giordano Bruno, la ética inquisitorial del terror, las atrocidades cometidas en nombre de la caridad cristiana? El Santo Oficio, el Nuevo Orden o el Proceso: los nombres importan poco. Hay quien obliga a abjurar, hay quien abjura. La fe del poder salva al poder, escribe Claude Roy, y la fingida fe del acusado salva al acusado. Pero, ¿qué salvará al simple creyente, el honesto, el engañado que clama mueran Galileo, quemén al

Judío, hagamos la guerra? Aquí otro es el marco, y algo más que una conciliación está en juego: la dignidad del hombre, su derecho a serlo.

Bibliografía

- Banfi, Antonio, Vida de Galileo Galilei, Madrid, Alianza, 1967.
- de Santillana, Giorgio, El crimen de Galileo, Buenos Aires, Ediciones Antonio Zamora, 1962. El más completo estudio sobre el caso Galileo, hoy inhallable en esta versión castellana. En inglés: The crime of Galileo, Chicago, 1955.
- Drake, Stillman, Galileo, Madrid, Alianza, 1983.
- Geymonat, Ludovico, Galileo Galilei, Barcelona, Península, 1969.
- Koestler, Arthur, Los sonámbulos, Buenos Aires, Eudeba, 1963.



LA FILOSOFIA DE LA CIENCIA DE UN TEORICO

Extraído de "PHYSICS TODAY" MARZO 1984, título en inglés "A THEORIST'S PHILOSOPHY OF SCIENCE"

Por HELIER J. ROBINSON

Traducido por: JORGE O. SOFO

Helier J. Robinson es profesor de filosofía en la Universidad de Guelph, en Ontario, Canadá.

DOS CLASES DE CIENCIA

Cuando se llega a las preferencias "terrenas" en la ciencia, parecería al principio que la existencia de dos clases distintas, empírica y teórica, se debe enteramente a esta diferencia temperamental entre los científicos. Pero esto no es en efecto así. No estoy aquí lidiando con los filósofos empiristas, quienes claman que hay realmente solo un tipo de ciencia. Por el contrario, quiero enfatizar que hay, definitivamente, dos tipos de ciencia. Un científico en particular podría favorecer la ciencia teórica o la experimental, de acuerdo a si es "terreno" o "aéreo" pero esta no es la razón por la cual hay dos clases de ciencia. Hay, en efecto, por lo menos cuatro razones para distinguirlas. Estas distinciones son comúnmente denegadas o no tomadas en cuenta por los filósofos de la ciencia "terrenos", quienes consideran las teorías y las leyes empíricas como la misma cosa, basándose en la suposición de que ambas son generalizaciones de datos empíricos, pero esto es insostenible como lo mostraré la siguiente discusión.

PERCEPTIBLE O IMPERCEPTIBLE? La primera diferencia entre ciencia empírica y teórica se sigue inmediatamente de sus descripciones. La ciencia empírica trata con los datos empíricos y la teórica no. "Teórico" significa "no empírico", siendo esto que los entes de la ciencia teórica no pueden ser percibidos, por nadie, nunca. Nosotros estamos muy acostumbrados a creer de otro modo en esto, pues por varios siglos, muchos filósofos "terrenos" han estado insistiendo en ello - en que la ciencia teórica es realmente empírica y por lo tanto, si los entes teóricos existen por completo, entonces son perceptibles.

De un modo ellos justifican esto con una doctrina de "percepción indirecta". Se supone que

percibir un efecto directamente es percibir su causa indirectamente. "Directamente" significa aquí ser directamente consciente en forma directa de su color, forma y número de patas, etc., y en forma indirecta de las moléculas que causan estas percepciones directas. Si ponemos una hoja de papel sobre un imán y limaduras de hierro en ella, entonces tenemos conciencia directa de un patrón de comportamiento de las limaduras y por lo tanto conciencia indirecta del campo magnético que causa este comportamiento. De nuevo, si percibimos directamente fuerzas de peso o de inercia, entonces percibimos indirectamente la masa, y si percibimos directamente la sensación de calor o vemos la lectura de un termómetro, entonces estamos percibiendo indirectamente la energía cinética molecular. De este modo, si los entes teóricos son percibidos indirectamente, entonces son percibidos, entonces son empíricos.

Solo pensar un poco muestra, no obstante, que nunca hemos percibido moléculas, campos de fuerza, masa, energía cinética, o cualquier otro ente teórico. La doctrina de la percepción indirecta es una descripción camuflada de la fe. Decir que percibimos indirectamente el campo magnético, cuando percibimos directamente las limaduras de hierro significa que cuando las vemos "creemos" que existe un campo que forma el patrón. De modo similar, "creemos" en la existencia de moléculas, masa y todos los otros entes aceptados de la ciencia teórica. La fe es un sustituto de la percepción. Siempre que nuestra percepción falla, por alguna razón cualquiera - horizontes, oscuridad, inconsciencia, limitación de nuestros órganos sensores, etc. - la sustituimos por una creencia. Creemos en esas causas teóricas de efectos empíricos, porque "explican" estos efectos, como demostraré en breve.

El hecho que creamos (en el mejor de los casos) en la existencia de entes teóricos prueba su calidad de ser no-empíricos. Que la doctrina de la percepción indirecta es una doctrina de fe disfrazada se demuestra por el hecho que a medida que cambian las creencias, lo hacen del mismo modo las cosas que se suponen percibidas indirectamente. Si realmente hay percepción indirecta debemos decir entonces que los astrónomos del medioevo percibieron indirectamente ángeles guiando a los planetas en sus órbitas y los alquimistas el "flogisto" siempre que veían fuego. La distinción aquí es abrupta. Todo lo empírico es percibido por alguien, en algún momento, y nada teórico es percibido por nadie, nunca.

La agudeza de esta distinción es frecuentemente denegada por medio de una doctrina de los "grados de percepción". Mientras menos sean los pasos causales entre el objeto y sus efectos perceptibles, más directamente se supone que será percibido el objeto. De este modo, las cosas son percibidas más directamente con el ojo pelado, menos directamente con un microscopio o telescopio, menos directamente aun por medio de un microscopio electrónico, y del todo indirectamente como trazas en una cámara de niebla o como lecturas puntuales; y todos ellos aun serían más indirectos si son vistos en una fotografía o por televisión. Dada esta doctrina, todo lo teórico es empírico en algún grado, con que solo haya alguna evidencia empírica de

Es el conocimiento cognoscible, si no es así ¿Cómo saberlo?

ello. De hecho, no obstante, no hace diferencia si las características indirectas de la percepción son una propiedad bi-valuada o es una cuestión de grados. Esta doctrina de la percepción mantiene un circumloquio por creer en una causa estrictamente imperceptible.

DESCRIPCIÓN O EXPLICACIÓN? La segunda diferencia entre ciencia empírica y teórica proviene de la bien conocida distinción, que la ciencia empírica describe el mundo y la ciencia teórica lo explica. La explicación es causal. Describir una causa es explicar su efecto. Esto es poniéndolo muy simple, por supuesto, dado que muchos efectos son complejos y provienen de causas complejas. Los filósofos tienden a hablar de causas y efectos como eventos simples, mientras que los científicos hablan en términos de procesos. No obstante, un proceso es una compleja serie de eventos, por esto la diferencia no es fundamental. La ciencia teórica entonces, describe las causas de lo que la ciencia empírica describe. Esto es enfatizado por otro conocido dicho: la ciencia teórica explica describiendo las causas subyacentes de los fenómenos, lo que es decir, describiendo las causas imperceptibles.

Un tercer dicho bien conocido discrepa con este: La explicación es deductiva. Esto necesita una explicación: para lo cual lo mejor es un ejemplo actual. En la ciencia empírica los datos son formulados y, si las fórmulas lo garantizan, se los generalizan en leyes empíricas. Las leyes de Boyle y de Charles son ejemplos bien conocidos de esto. Están combinadas dentro de la ley de gases ideales, $PV=nRT$, donde P es la presión, V el volumen, n la masa del gas en moles, R la constante universal de los gases y T la temperatura absoluta. (La ley es solo aproximadamente verdadera, pero lo podemos ignorar) Las cantidades P , V , n , R , T , son medidas, cantidades empíricas. Esta ley se explica en mecánica estadística asumiendo que los gases consisten en un número estadísticamente significativo de moléculas que obedecen las leyes de la mecánica. La cantidad V es entonces definida como el volumen ocupado por estas moléculas, T como su energía cinética media y P como la fuerza promedio de reacción con que rebotan contra las paredes del contenedor. Es posible entonces deducir, dentro de esta teoría que $PV=nRT$. Cuando una ley empírica es deducida dentro de una teoría de este modo se dice que la teoría ha explicado la ley. Aunque esto parece contradecir lo declamado anteriormente, que toda explicación es causal, de hecho no lo hace, como mostraré más tarde. Es importante mencionar, no obstante, que una doctrina empírica ampliamente aceptada de que toda explicación es deductiva en este modo -es llamada doctrina de "explicación de leyes por cobertura"- se mantiene o cae, si la explicación deductiva no es, o es, un caso especial de la explicación causal.

LABORATORIO O SILLÓN? La tercera diferencia entre ciencia empírica y teórica radica en sus métodos. Los filósofos de la ciencia han sido fascinados en grande por el método científico, por la simple razón que la ciencia es espectacularmente exitosa, por esto si el éxito es debido al método, la especificación del mismo

permitiría su aplicación en otros campos -con igual éxito. Se han emprendido varios análisis; el más conocido fue aquel realizado por John Stuart Mill, desembocando en los famosos métodos de Mill. Estos son formas variadas de descubrir correlaciones empíricas, las cuales, si lo favorecen permiten su generalización en leyes empíricas.

Es verdaderamente significativo que Mill ignore la ciencia teórica enteramente. Esto no fue solo por ser Mill un "terreno" -el fue, en efecto, uno de los más extremos empiristas- sino porque nadie ha podido formular un método para la ciencia teórica. La razón de esto es completamente simple. La ciencia teórica se inventa y esto requiere creatividad, para lo cual no hay método conocido. Una teoría mayor en ciencia, como un trabajo mayor de arte, requieren creatividad para producirlos. Una computadora puede poner en evidencia correlaciones pero no puede ser creativa, esta es la diferencia en el método entre ciencia empírica y teórica, de acuerdo al análisis de Mill.

Aun más significativo que el desprecio que hace Mill por la teoría es el hecho que la ciencia empírica, no solo consiste en andar buscando a tientas correlaciones entre datos como la convierte el método de Mill. Como Karl Popper lo ha indicado, la ciencia empírica es casi siempre una manera de testear la teoría. Siempre que una teoría predice algo nuevo, se requiere un experimento para testear esta predicción. Este experimento ha de ser creado y su creación requiere de mucho sentido creativo, tanto como en la invención de una teoría. Estrictamente hablando, entonces, ni la ciencia empírica ni la teórica tienen un método formal. No obstante, ellas difieren en sus métodos, de un modo que es obvio una vez que se lo indica. La ciencia empírica tiene lugar en un laboratorio, un observatorio o en el campo, y la ciencia teórica no. Las teorías pueden ser creadas donde sea, aun en un sillón. Por esto, la ciencia teórica podría ser llamada, sin ninguna falta de respeto, ciencia de sillón, mientras la ciencia empírica, definitivamente no es una ciencia de sillón.

REPETICIÓN O NOVEDAD? Cuarto, ciencia empírica y teórica difieren en el tipo de predicciones a realizar. La ciencia empírica hace predicciones de repetibilidad y la teórica las hace de novedad. Las predicciones empíricas resultan del hecho que sus leyes son generalizaciones de fórmulas empíricas, y estas incluyen generalizaciones en el futuro -lo que es una predicción. Por esto, si $PV=nRT$ es verdad hoy, entonces lo será en el futuro.

La ciencia teórica por otro lado, no solo predice esto, sino también, resultados experimentales nunca antes percibidos. Algunas veces estas predicciones son espectaculares, como en el caso de las ecuaciones de Maxwell conduciendo al descubrimiento de Hertz de la radio, y la de Einstein ($E=mc^2$) hacia la energía atómica. Buena parte del tiempo, no obstante, las predicciones teóricas de novedad son de nuevos datos empíricos que, cuando son testeados por los experimentadores, sirven para verificar o para desmentir la teoría. A decir verdad, esta clase de interacción entre teoría y experimen-

Si $a=b$ y $b=c$ ¿Para qué usar tantas letras?

to, es rasgo de una ciencia sofisticada. Es también, el ejemplo supremo de cooperación exitosa entre "terrenos" y "aereos", una cooperación cuyo éxito se demuestra por el mayor avance en aquellas ciencias que se han dirigido a lograrlo. Tan satisfactoria es la cooperación en estas ciencias, que TODA investigación experimental tiene que ver con el testeo de alguna teoría y TODA teoría debe ser experimentalmente comprobada, para ser tal. La física y la química son ejemplos de estas exitosas ciencias.

Un segundo punto acerca de la predicción de novedades es el curioso hecho que solo las teorías matemáticas son capaces de hacerlas. La teoría de la evolución, por ejemplo, no obstante ser una excelente teoría, no es matemática y no hace predicciones novedosas. La teoría predice que, con el tiempo, aparecerán nuevas especies; pero esto es solo una generalización hacia el futuro, por el hecho que en el pasado nuevas especies han evolucionado. Esto es predicción de repetición, no predicción de novedad en el sentido de predecir precisamente, que nuevas especies vendrán.

Por esto los filósofos de la ciencia tienen un problema. Es en mi opinión el problema más importante en su área. Que tienen las teorías matemáticas (y ninguna otra que nosotros tengamos conocimiento) que les permite predecir novedades empíricas, exitosamente y a menudo? Los poetas no pueden hacerlo, ni los astrólogos, ni los adivinos, ni los profetas, ni los biólogos, ni los científicos sociales, ni los empíricos. Las teorías matemáticas deben tener alguna relación especial con la realidad que les permite predecir exitosamente, y es una cuestión sumamente interesante preguntar cual es esta relación. Resharemos sobre esto más tarde.

DOS CLASES DE PERCEPCIÓN

He dicho suficiente, creo, para demostrar que la ciencia teórica y la empírica son distintas, y que los filósofos de la ciencia "terrenos" descartan o niegan esta distinción. Resharemos sobre la cuestión: Por qué hay dos clases de ciencia? Esta pregunta es importante pues concierne a una dualidad que es una faceta de una mucho más general. Otras facetas son algunas de las dualidades que ya hemos encontrado y que podemos cuestionar de igual modo. Por qué hay dos clases de realidad, empírica y teórica? Por qué hay diferencia entre descripción y explicación? Por qué son los entes de la ciencia empírica siempre perceptibles y los entes de la teórica siempre imperceptibles? Por qué hay dos clases de predicción -de repetición y de novedad? Por qué hay dos métodos en ciencia -experimental y sillón? Hay también dos clases de publicidad. La luna es pública, de acuerdo con el sentido común, porque todos percibimos la ÚNICA luna, por otro lado, el contenido de un periódico es público, pues todos los ejemplares de una edición, contienen lo mismo. La primera es publicidad por singularidad y la segunda por similitud -una distinción que será relevante más tarde.

Por qué hay todas estas dualidades? La respuesta es que todas ellas son causadas por una más general: la dualidad entre dos clases de percepción. Estas podrían ser llamadas apropiadamente, percepción teórica y empírica. Como era de esperarse, los "terrenos" prefieren tomar la percepción como empírica y los "aereos" como teórica.

Antes de explicar estas dos clases de percepción, deberíamos notar que la misma, y los problemas filosóficos que a ella conciernen, están ligados a entrar en una filosofía de la ciencia ortodoxa. No solo es la ciencia dependiente del observador, y por esto dependiente de la percepción, sino que su fundamento en la autoridad de algún dato empírico es un fundamento en la percepción.

PERCEPCIÓN EMPÍRICA es tal cual la conocemos de la experiencia. En ella somos directamente conscientes de los objetos materiales que nos rodean. La PERCEPCIÓN TEÓRICA es la explicación científica de la percepción empírica, en términos de reflexión y refracción de la luz, vibraciones acústicas, difusión de moléculas olfativas y fisiología nerviosa. En la percepción teórica, una reproducción, imagen o representación de un objeto externo, es conducido dentro del cerebro del observador. La percepción teórica tiene por esto una dualidad de objeto e imagen. El objeto es externo a la cabeza del receptor, teóricamente real (pues continúa existiendo aun cuando no es percibido) público y material (como oposición a mental). La imagen es interna y mental, y por esto no teóricamente real (pues existe solo mientras es percibida) y no pública.

Enfatizo estas cuatro diferencias entre objeto e imagen, para demostrar que la dualidad es genuina y no meramente verbal. El punto es importante pues la percepción empírica no tiene esta dualidad. Cuando percibimos objetos empíricamente, cualidades o relaciones alrededor nuestro, como directamente conscientes solo de los objetos, no de objetos e imágenes.

Dado que la percepción teórica posee esta dualidad y la empírica no, hay dos clases distintas de percepción. Han habido muchos intentos de identificarlas. Todos ellos llevan consigo la descripción de una dualidad dentro de la percepción empírica y postulan que es idéntica a la de la percepción teórica. La más común es la que postula que una memoria es una imagen de un objeto percibido y por esto es la imagen de una percepción teórica. Otra es la dualidad entre el objeto y el acto de percepción. Otra es la de objeto y creencia acerca del mismo. Ninguna de estas funciona, por una simple razón: en la percepción teórica, el objeto es teórico y la imagen es empírica. Esto significa que el objeto es imperceptible. En cambio en la percepción empírica es el objeto el perceptible. Si las dos clases de percepción se combinan, entonces aquello de lo cual estamos conscientes debe ser lo mismo en cada caso, o sea el objeto de la percepción empírica debe ser la imagen de la teórica. No obstante, acabamos de ver que la primera es externa, real y pública, mientras que la segunda interna, irreal y privada...que falló?!

LA ULTIMA PARTE EN EL PROXIMO NÚMERO...

EL CICLO BASICO COMUN

una experiencia inédita

por Eduardo Héctor Flichman

El análisis del C.B.C. se puede enfocar desde diferentes perspectivas: política, educacional, tarea organizativa, experiencia pedagógica, infraestructura y financiamiento, plazos, resultados. No me ocuparé de la primera en este lugar.

Ya podemos hablar de un primer 'resultado': el día 25 de marzo, los distintos estamentos organizativos 'dimos a luz', en un parto con dolor y temor, a un bebé C.B.C. ¡que nació vivo!. Los parteros han cedido el lugar a los neonatólogos. La tarea es compleja. El pequeño-gran monstruo ha comenzado a rodar. Ahora hay que colocarle frenos y riendas, para que no deslice hacia el caos.

Se trata de una experiencia nueva, diferente, masiva, apurada, llena de las mejores intenciones y de las mayores dificultades.

Organizar un curso para 60.000 alumnos en un período de poco más de dos meses, incluyendo la contratación de profesores, selección y capacitación de docentes auxiliares, preparación de material impreso, acondicionamiento de las sedes, estudio de los mecanismos de evaluación y promoción, etc., etc., es una tarea casi imposible. Más todavía, cuando ese período cubre los

meses de enero y febrero, en los que casi ningún habitante de esta ciudad deja de tomarse un tiempo de vacaciones.

A fines de diciembre, las autoridades del C.B.C. me solicitaron que me hiciera cargo de la coordinación del área de ciencias físico-matemáticas, que incluye cinco materias: matemática, física, estadística y probabilidad, química y computación. A los pocos días comencé la tarea, en la que me secundó un equipo de coordinación, formado por Guillermo Boido, Alicia Fernández Cirelli, Agustín Rela, Armando Rojo y Leopoldo Varela.

Comenzamos la tarea estructurando un plantel de profesores para cada materia. Dichos cargos, por decisión de las autoridades superiores del C.B.C., son interinos. Durante este año se proyecta llamar a concurso para cubrirlos de manera regular el año próximo.

Como en el primer trimestre se dicta en nuestra área sólo matemática y física (13.000 y 7.000 alumnos, respectivamente), se dio prioridad cronológica a la sustanciación de los concursos de docentes auxiliares para dichas materias. Debieron llenarse, sólo para esas dos materias, alrededor de 600 cargos simples de docentes auxiliares.

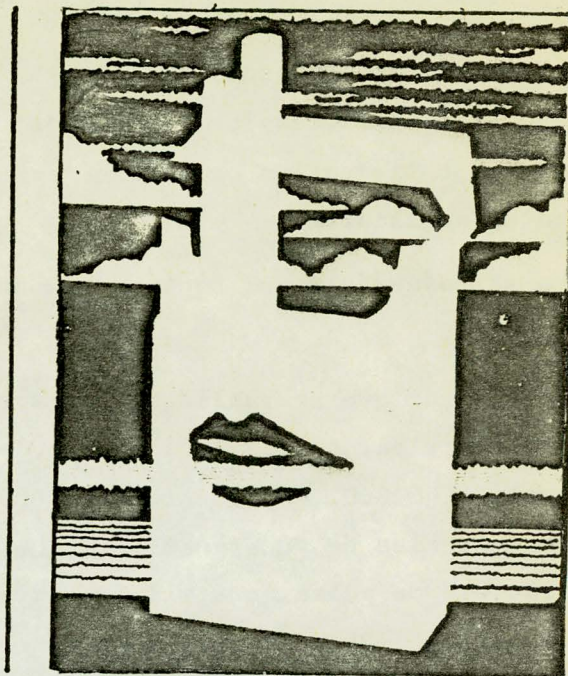
El número de profesores, para esas materias es de unos 40.

La decisión acerca de la metodología a aplicarse en los concursos, arranca de tener en cuenta experiencias previas y, además, de una convicción acerca de la posibilidad de colaboración en equipo, de docentes de las materias específicas, pedagogos y psicopedagogos.

Es muy interesante la historia de desencuentros entre pedagogos y docentes de disciplinas científicas. Por lo general el pedagogo tiene ideas prejuiciosas acerca del científico. Lo considera interesado sólo en temas de investigación, sobrellevando la carga de la tarea docente como algo secundario, que no hay más remedio que cumplir, que se desprecia como actividad y a la que se dedica el menor tiempo posible.

El docente no tiene menos prejuicios respecto de los pedagogos (a los que llama despectivamente "gogos"). Los considera superficiales, desinteresados por los conocimientos específicos que debe adquirir el estudiante, con tendencia a bajar el nivel de enseñanza.

Sin embargo, y más allá del hecho de que muchos docentes y pedagogos son merecedores de tales prejuicios, el trabajo en equipo entre aquellos que no lo son, permite a la larga (léase bien: "a la larga") romper esquemas, siempre que el docente pueda ver en la práctica los resultados de las propuestas de los pedagogos; para lo cual deben hacer el enorme (para ellos) esfuerzo de probar las sugerencias. Y siem-



pre que los pedagogos hagan un serio esfuerzo por aprehender los contenidos específicos de las disciplinas. Esto último es fundamental para poder controlar la correcta aplicación de sus pautas a los contenidos.

Si no se realizan tales esfuerzos, ambos grupos trabajan en compartimientos estancos, sin posibilidad de diálogo ni de trabajo en equipo. Cada uno se considera poseedor de la verdad. Van hacia el fracaso y potencian el prejuicio, que se vuelve juicio.

El trabajo en equipo recién indicado es de características interdisciplinarias. Más aún cuando también colaboraron psicólogos. Pues bien. Dicha tarea interdisciplinaria comenzó con los concursos, donde se intentó seleccionar a los docentes auxiliares, no sólo por sus conocimientos temáticos y por su currículum, sino también por su capacidad pedagógica (actual o potencial).

Luego continuó con el curso de capacitación. Y ahora continúa con la observación de clase y el control, en los seminarios permanentes que tienen los profesores con los docentes auxiliares.

Otra tarea será la del control del material impreso.

Debo aclarar que en realidad, la tarea expuesta más arriba, de los equipos, es la tarea ideal. El C.B.C. no se encuentra en condiciones ideales de funcionamiento. La infraestructura de aulas, que milagrosamente estuvo lista el 25 de marzo, todavía no cumple con los requisitos mínimos para dar una buena clase, especialmente en alguna de las sedes. El número de pedagogos y psicólogos es extremadamente reducido. El tiem-

po de preparación del curso fue minúsculo.

De modo que esperamos que dicha tarea vaya cumpliendo sus objetivos en la medida en que se desarrolle la base sobre la cual realizarla.

De lo que no nos cabe duda es de que, si con tanta premura y dificultades, el pequeño gran monstruo nació vivo, los neonatólogos y más adelante los pediatras, le darán la salud requerida para llegar a buen puerto. Esperamos que no necesite geriatras durante mucho tiempo.

Eduardo Héctor Flichman se desempeña actualmente como Coordinador del área de física-matemática del Ciclo Básico Común de la U.B.A.

~~~~~



Esta es la cola que se formó cuando los estudiantes del C.B.C. querían inscribirse.. Ah, no! Cuando quisieron comprar sus apuntes en el puestito de EUDEBA... Ah, no!... Cuando quisieron entrar a sus clases... O era al bar? Bah, una de esas colas, che.



## PROGRAMA JOSE BABINI

Por Carlos Borchers.

El año pasado por decreto Nº 506/84 se creó el programa José Babini de Epistemología, Lógica, Metodología e Historia de la Ciencia. La presentación del programa se realizó en un acto en el Aula Magna del Pabellón II, donde también se hizo entrega del título de profesor emérito a los doctores Manuel Sadosky, Pedro Zadunaisky y Mischa Cotlar.

La elección de José Babini para este programa está plenamente justificada pues fue un permanente promotor de esos temas. Graduado originalmente como ingeniero en la Universidad de Córdoba, se dedicó luego a la matemática para encontrar pronto en la historia de las ciencias un fértil campo donde desarrollar su intensa labor científica.

"Único argentino miembro de la Academia Internacional de Histo-

ria de la Ciencia" -como él mismo dijera- fue un universitario en el más amplio sentido de la palabra; ocupó el cargo de decano de nuestra Facultad en la crítica etapa del '56. La "Noche de los Bastones Largos" marcó su alejamiento de la Universidad; pero

no por esto perdió contacto con los alumnos para quienes las puertas de su casa estaban permanentemente abiertas para la charla.

Su fallecimiento ocurrido en mayo de 1984 nos privó de contarlo nuevamente como profesor de la Facultad, y este programa es un necesario homenaje a su memoria.

El programa consta de cursos, seminarios y jornadas que se desarrollarán en locales de la Facultad de Ciencias Exactas o de Filosofía y Letras.

Para el primer cuatrimestre de 1985 está proyectadas las siguientes actividades:

1. Curso cuatrimestral: FILOSOFÍA DE LA CIENCIA I/ Profesor GREGORIO KLIMOVSKY. Lugar: Facultad de Filosofía y Letras. M. T. de Alvear 2230, Buenos Aires.
2. Curso breve: TENDENCIAS ACTUA



LES DE LA EPISTEMOLOGIA. Profesor GREGORIO KLIMOVSKY/ Facultad de Ciencias Exactas, Ciudad Universitaria, Pabellón II.

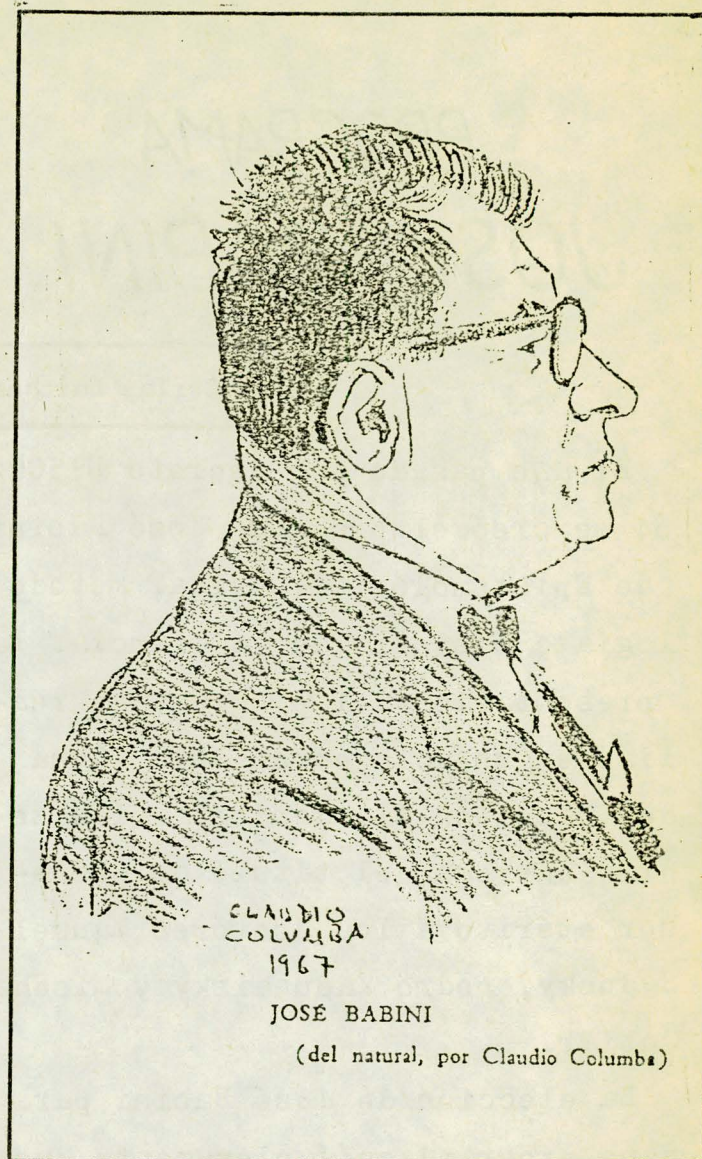
3. Seminario: LA EVOLUCION DE LAS IDEAS COSMOLOGICAS: DE LOS PRESOCRATICOS A NEWTON. Profesores: GLADYS PALAU y GUILLERMO BOIDO.

Lugar: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Ciudad Universitaria, pabellón II. Iniciación 7 de mayo de 1985.

4. Jornadas sobre RELACIONES ENTRE LA PEDAGOGIA Y LA EPISTEMOLOGIA.

(actividad organizada en común con el programa de pedagogía científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales) Lugar: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Ciudad Universitaria, pabellón II. Lunes 17 y martes 18 de junio.

Los interesados en presentar ponencias y comunicaciones deberán hacerlo por escrito en papel tamaño carta y a doble espacio, con una extensión máxima de 12 páginas para las ponencias y de 6 páginas para las comunicaciones. Los autores dispondrán de 30 minutos y 10 minutos, respectivamente, para la discusión de los trabajos luego de su lectura.



go de su lectura.

Entrega de los trabajos: hasta el lunes 13 de mayo.

5. Otras actividades: Charlas y conferencias sobre diversos temas epistemológicos e históricos de interés general se anunciará oportunamente en las carteleras de las Facultades de Ciencias Exactas y Naturales y de Filosofía y Letras (UBA).



Por George Gamow

# LA ENTROPIA

Extraído del libro " El Mundo de la Física "

Autores varios. Compilado por Arthur Beiser.

(Compañía General Fabril Editora, S.A., 1969)

Leyes como las de la conservación de la energía, del impulso y de la carga eléctrica admiten un gran número de hechos que, sin embargo, nunca se han producido. Por ejemplo, los objetos no irrumpen espontáneamente en el aire, haciéndose más fríos a medida que su energía térmica se transforma por si misma en energía potencial. La razón de que esto no ocurra es la misma por la que un barco no puede usar el calor del océano para moverse -la segunda ley de la termodinámica-. En el artículo siguiente George Gamow, magnífico expositor científico, trata la segunda ley de la termodinámica y algunas de sus implicancias. Este trabajo pertenece a su libro Matter, Earth and Sky (Prentice-Hall, 1958). (Editado en español por CECSA, México.) Muy joven aún -tenía poco más de veinte años- Gamow se hizo famoso al utilizar las diez nuevas ondas mecánicas para explicar la emisión de partículas alfa por los núcleos. Como en el caso de Joule, Niels Bohr y otros físicos notables, muchas de las observaciones que sustentaron sus primeros trabajos de investigación comenzaron en una cervecería. Gamow llegó a los Estados Unidos en 1934; actualmente trabaja en la Universidad de Colorado. Ha realizado trabajos originales en cosmología, biología molecular y física nuclear y es muy conocido por sus trabajos de divulgación científica.



Si pudiéramos transformar en energía mecánica el ciento por ciento de una cantidad dada de calor, tendríamos casi los mismos resultados que con las máquinas de "movimiento perpetuo" descritas en el capítulo dedicado a la energía mecánica. Un transatlántico podría absorber agua de mar, extraer la energía calórica del agua para impulsar sus hélices y arrojar por la borda el hielo producido en la transformación. Un avión podría absorber aire, transformar su contenido calórico en energía cinética y arrojar por una tobera el chorro de aire helado. Puesto que el aire, el agua y la tierra tienen una temperatura muy superior al cero absoluto, estas máquinas de movimiento perpetuo de segunda especie, serían tan efectivas como las máquinas de movimiento perpetuo de primera especie. Pero hemos visto ya que estas últimas son también imposibles. Para producir trabajo mecánico no podemos usar el contenido calórico de lo que nos rodea más de lo que usamos el agua de los océanos para hacer marchar una instalación hidroenergética. La energía potencial del agua de los océanos no puede utilizarse porque no existe un nivel de agua más bajo hacia el cual pueda fluir el agua de los océanos; el contenido de calor de nuestro entorno es inutilizable porque no existe una región de menor temperatura hacia la cual pueda fluir este calor.

En resumen: la dirección en que el calor fluye naturalmente es desde regiones calientes hacia frías y la dirección natural en la transformación de la energía es de energía mecánica a energía calórica.

En la dirección "natural" ambos procesos pueden continuar por sí mismos en un ciento por ciento, pero si cualquiera de ellos debe realizarse en la dirección "antinatural", tiene que haber siempre un proceso agregado que se desarrolle en la dirección "natural" y que compense suficientemente el comportamiento "antinatural" del primero. Así, es "antinatural" que el calor escape del interior fresco de una heladera hacia el aire tibio de la cocina; pero este proceso puede tener lugar, porque está compensado -y aún sobrecompensado- por la transformación "natural" en calor de la energía eléctrica que hace funcionar el motor de la heladera. Es "antinatural" que en una locomotora de vapor el calor de la caldera se transforme en energía mecánica y haga funcionar las ruedas; pero aquí también la "antinaturalidad" del proceso está sobrecompensada por la "naturalidad" con que una parte del calor fluye desde la caldera caliente hacia el aire fresco del exterior.

En termodinámica -estudio de la relación entre el calor y el trabajo mecánico- el grado de "naturalidad" de la transformación del calor se denomina entropía. Decimos que la entropía aumenta cuando el proceso se realiza en la dirección "natural" y que decrece cuando el proceso se desarrolla en la dirección opuesta. Cuando se enfría un objeto caliente, porque lo han arrojado al agua fría, o cuando un automóvil se detiene porque le han aplicado los frenos, aumenta la entropía total del sistema. En el trabajo de las máquinas de vapor o de refrigeración disminuye la entropía de las



partes activas de la máquina, pero esta disminución está compensada (o sobrecompensada) por el aumento de la entropía en algún otro lugar. Porque, en definitiva, la entropía de todo el sistema no puede disminuir; permanece constante o, como ocurre en la mayor parte de los casos, aumenta. Si esto no fuera así, los ingenieros podrían construir la fabulosa máquina de movimiento perpetuo de segunda especie que describíamos al comienzo. De este modo, tendríamos un suministro ilimitado de energía libre para la industria y para otros usos diversos. Técnicamente, la variación de entropía de un cuerpo dado se mide por la cantidad de calor que gana o pierde (en el segundo caso corresponde un signo negativo) dividida por su temperatura (absoluta). En el caso de la máquina de vapor que operaba entre las temperaturas  $T_1$  y  $T_2$ , la variación de entropía de la caldera, cuando se le quita una cantidad de calor  $Q_1$ , es  $-Q_1/T_1$ , y la variación correspondiente de entropía en el refrigerador de la máquina es  $+Q_2/T_2$ . Como la variación total de la entropía debe ser igual o mayor que cero, llegamos fácilmente a la regla que estableció por primera vez el ingeniero francés Sadi Carnot (1796-1832): la mayor fracción de calor original que puede "descender" desde la temperatura  $T_1$  a la temperatura  $T_2$  y que puede convertirse en energía mecánica es, en el mejor de los casos, igual a la razón entre la diferencia de temperaturas y la mayor temperatura:  $(T_1 - T_2)/T_1$ , donde las temperaturas se cuentan a partir del cero absoluto. Si una locomotora opera, por ejem-

plo, entre la temperatura de la caldera -100°C- y una temperatura exterior de unos 40°C (373 y 313 en la escala del cero absoluto) la fracción máxima de calor de la caldera que puede ser transformada en trabajo mecánico es:

$$\frac{373 - 313}{373} = \frac{40}{373} = 0,107$$

esto es alrededor del 11 por ciento.

El lector habrá notado que los dos ejemplos de disminución local de entropía (la máquina de vapor y la heladera) son artefactos hechos por el hombre. Por cierto, todos o casi todos los procesos de la naturaleza se realizan en direcciones "naturales", con un aumento de la entropía más o menos uniforme en todas partes. El recurso de producir disminuciones locales de entropía, compensadas por un aumento en cualquier otro lugar es especialmente un producto del ingenio humano, un invento de ingenieros inteligentes. La notable excepción es la de los organismos vivos, que operan según principios muy similares a los utilizados en las máquinas hechas por el hombre. Pero al construir esas máquinas el hombre simplemente impone a la materia inorgánica los mismos principios ingeniosos que operan en su propio cuerpo. Más adelante volveremos a este problema.

Orden versus desorden. La teoría cinética del calor no deja ninguna duda a propósito del siguiente hecho: lo que nosotros llamamos habitualmente "calor" es la manifestación del micromovimiento interno de las moléculas que forman todos los cuer-

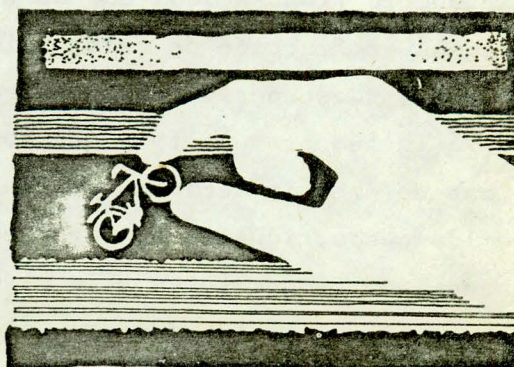


pos materiales, y la "temperatura" caracteriza la intensidad de esa agitación molecular. Cuando exponemos el fenómeno del calor hablamos también de la entropía. Entendemos por entropía el "grado de naturalidad" de las distintas transformaciones térmicas. La entropía aumenta en todos los procesos naturales: flujo de calor de un cuerpo caliente a otro más frío, transformación de energía mecánica en calor (como en el caso de la fricción). Los procesos "antinaturales" -como el flujo de calor de un cuerpo frío a uno caliente o la transformación del calor en energía mecánica- nunca ocurren espontáneamente y sólo son posibles si están acompañados por algún proceso "natural" que compense su antinaturalidad". La disminución de entropía en un proceso "antinatural" está siempre compensada (o sobrecompensada) por el aumento en la entropía del proceso "natural" que lo acompaña, de manera que la entropía total del sistema siempre aumenta.

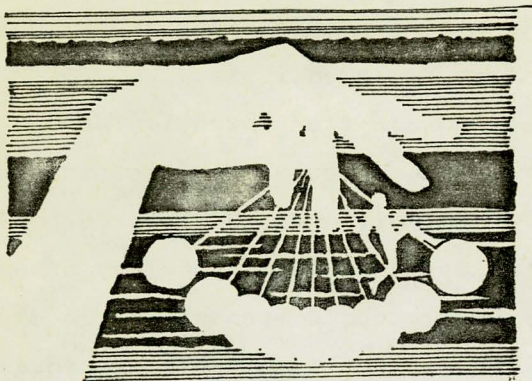
Veamos ahora cuál es la interpretación de la entropía desde el punto de vista de la teoría cinética del calor, y qué significado físico tiene la proposición "la entropía nunca puede disminuir". Consideremos una bala de plomo que vuela hacia una plancha de acero con una determinada velocidad  $v$ . Podemos decir en este caso que todas las moléculas que forman el material de la bala se mueven hacia el blanco con una velocidad  $v$ , igual y paralela. Para simplificar, no tomamos en cuenta la velocidad de las vibraciones térmicas de los átomos que forman la bala, velocidad que es generalmente

pequeña, si la comparamos con la velocidad de la bala. Cuando la bala golpea la placa de acero, se detiene, y la energía mecánica de su movimiento se transforma en la energía cinética interna de sus moléculas. (Para simplificar, otra vez, dejamos de considerar el calentamiento de la pared de acero golpeada por la bala y suponemos que toda la energía cinética de la bala se transforma en calor dentro de su cuerpo.) Con estas hipótesis simplificadoras, cuyo propósito es hacer menos complicada la exposición, vemos que antes del impacto todas las moléculas de la bala tenían idéntica velocidad  $v$  y la misma dirección, pero después del impacto sus velocidades están distribuidas en todas direcciones, como ocurre en los movimientos térmicos al azar. El movimiento "organizado" de todas las moléculas - cuando se movían en la misma dirección- se transforma en un movimiento "desorganizado" (o al azar) dentro del cuerpo de la bala. La "energía mecánica" del movimiento se transforma en "calor".

Este ejemplo muestra claramente que la transformación de energía mecánica en calor es igual a la transformación de movimiento







organizado en movimiento desorganizado.

Si hablamos de la transformación del orden en desorden, podemos citar muchas opiniones autorizadas:

1. Toda ama de casa sabe que para mantener su casa brillante y ordenada debe trabajar mucho, pero si quiere contribuir al desorden todo lo que debe hacer es mantenerse ociosa.

2. Todo funcionario encargado del mantenimiento de carreteras sabe que para mantenerlas intransitables todo lo que debe hacer es acomodarse en su sillón e interrumpir los trabajos de mantenimiento y reparación.

3. Todo oficial del ejército sabe que conseguir la desorganización de la tropa exige mucho menos esfuerzo que mantener la disciplina.

las casas desordenadas, las calles intransitables y todos los grupos desorganizados de hombres son un estado "natural" de las cosas. Las casas bien cuidadas, los buenos caminos y los conjuntos disciplinados de hombres son estados "antinaturales" y su mantenimiento exige mucha actividad organizadora.

Como las moléculas no tienen un senti-

miento de responsabilidad personal, es previsible que la tendencia natural de cualquier sistema físico formado por un gran número de unidades individuales sea pasar de un estado de orden a un estado de desorden. El "ordenado" movimiento traslativo de las moléculas de una bala pasa fácilmente al "desordenado" movimiento térmico, como resultado de un impacto; pero es imposible calentar la bala en una llama y arreglar luego las cosas de modo que todas las velocidades moleculares estén dirigidas en la misma dirección y fuercen a la bala a despegar y alejarse con gran velocidad.

Del mismo modo se explica que la dirección "natural" para el flujo de calor sea desde las regiones más calientes hacia las más frías. Cuanto más caliente está un cuerpo, tanto mayor es el estado de conmoción de sus moléculas.

Por cierto, si tenemos en cuenta los ejemplos antropomórficos citados más arriba, podemos invertir la discusión y hablar del cerebro, la conciencia y la iniciativa humanas, pero las moléculas no son "humanas" y, como obedecen directamente a reglas "poco refinadas", prefieren el desorden. En este sentido, la "misteriosa" entropía es simplemente una medida del desorden del movimiento molecular, y la proposición "la entropía siempre aumenta" equivale a la proposición "la dirección de todos los procesos de la naturaleza es la del desorden molecular creciente". De esta manera, la segunda ley de la termodinámica queda reducida a un argumentación estadística relacionada con el comportamiento de multitud de moléculas in-



dividuales que forman los cuerpos.

Termodinámica de la Vida. A primera vista, parecería que la segunda ley de la termodinámica falla en el caso de los organismos vivos, porque la palabra "organismo" implica un alto grado de organización y orden de las moléculas que lo constituyen. Consideremos una planta que crece, a partir de una semilla, dentro de una caja de vidrio con tierra en el fondo. Supongamos que se le suministra abundantemente agua y aire frescos y que ambos le proporcionan dióxido de carbono, con el cual se formará nuevo material para que la planta crezca. Aunque el agua y el dióxido de carbono poseen un grado de orden muy bajo, la planta consigue organizar los átomos de H, O y C y transformar estas simples sustancias en compuestos orgánicos altamente complejos, como el azúcar, las proteínas, etc. ¿No estamos, pues, en presencia de un hecho en que el desorden se traduce espontáneamente en orden y la entropía disminuye, en abierta contradicción con las reglas básicas de la termodinámica? La respuesta es NO. Hemos olvidado que, aparte del suministro de agua y dióxido de carbono (más una pequeña cantidad de sales de la tierra), la planta necesita abundancia de sol para crecer y desarrollarse. Los rayos de sol absorbidos por las hojas verdes de la planta le proporcionan la energía necesaria para construir complejas moléculas orgánicas a partir de simples moléculas de  $H_2O$  y  $CO_2$ . Pero no es éste el problema. Lo que nos preocupa ahora no es la primera ley de la termodinámica (la

conservación de la energía), sino la segunda ley, que no admite ninguna disminución espontánea de la entropía.

Durante la transformación de  $H_2O$  y  $CO_2$  en complejas moléculas orgánicas decrece la entropía del sistema<sup>1</sup>. De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, debemos buscar un proceso compensatorio en el que el incremento de la entropía sea igual o mayor que la disminución. En efecto, además de suministrar las cantidades necesarias de energía para que la planta crezca, los rayos del sol dan cuenta también de la necesaria disminución de la entropía. Ocurre que la radiación solar está fuertemente "diluida" cuando llega a la tierra. Esto es: su longitud de onda predominante corresponde a la temperatura de la superficie solar ( $6.000^{\circ}K$ ), pero su intensidad no es mayor que la que emite un radiador doméstico. El estudio termodinámico de la energía radiante muestra que esta dilución de la radiación, sin que se reduzca la longitud de onda predominante, provoca una alta "deficiencia" de entropía o, como a veces decimos, la presencia de "entropía negativa". Es la afluencia de esta "entropía negativa" lo que permite que una planta crezca organizando el  $H_2O$  y el  $CO_2$  en moléculas orgánicas más complejas. Los procesos de crecimiento de una planta bajo la acción de

(Continúa en pág. 39)

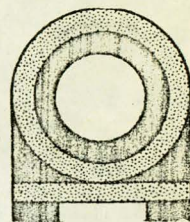
<sup>1</sup> El hecho de que un trozo de madera se queme espontáneamente cuando lo encendemos prueba que  $(madera) \rightarrow H_2O + CO_2$  es la dirección natural del proceso.



# MATRICES Y POLINOMIOS : el matrimonio perfecto

O UNA DEMOSTRACION CONSTRUCTIVA DEL ALGORITMO DE DIVISION EN  $\mathbb{R}[X]$ <sup>(1)</sup>

**INTRODUCCION:** Acción y efecto de introducir o introducirse. Cualquier cosa que antecede a otra a la que sirve de preparación. Escrito que precede a una obra científica o literaria en el cual suele darse información general sobre ella. Troza musical no muy extenso que antecede a la exposición de los temas principales. Sinónimos: preámbulo, prefacio, prólogo.



Por Gustavo A. Stolovitzky

## PRODUCTO DE POLINOMIOS

Desde que el árbol es árbol, nos han venido enseñando que, dados dos polinomios:

$$P = \sum_{i=0}^n a_i x^i \quad \text{de grado } n, \text{ y}$$

$$Q = \sum_{j=0}^s b_j x^j \quad \text{de grado } s,$$

el producto definido en el anillo  $\mathbb{R}[X]$  puede escribirse como

$$P \cdot Q = \sum_{k=0}^{n+s} \left( \sum_{i+j=k} a_i b_j \right) x^k$$

o, refinando un poco la notación

$$(o) \quad P \cdot Q = \sum_{k=0}^{n+s} \left( \sum_{j=0}^k a_{k-j} b_j \right) x^k \quad \text{con}$$

$$a_j = 0 \quad \text{si } j < 0 \quad \text{o} \quad j > n$$

$$b_j = 0 \quad \text{si } j < 0 \quad \text{o} \quad j > s$$

Si miramos con desgano esta última expresión perderemos la ocasión de descubrir algo hermoso. Así que abramos los ojos y probemos mirar fijo. En el paréntesis hay una sorpresa guardada: un producto matricial (si es que se nos da la gana).

En efecto, como dice el poeta, el paréntesis

$$\sum_{j=0}^k a_{k-j} b_j$$

nos recuerda el producto de dos matrices  $A$  y  $B$ , definidas como sigue

$$(A)_{ij} = a_{i-j}$$

$$(B)_{il} = b_i$$

Aún hay un problema, que es el de decidir donde van a vivir estas matrices (¡todo está tan caro!).

Como puede verse,  $B$  debe ser una matriz columna de  $s+1$  filas (que es el número de coeficientes  $b_i$ ), y para que se pueda hacer el producto  $A \cdot B$ ,  $A$  debe tener  $s+1$  columnas. El número de filas de  $A$  quedará determinado por el número de filas que debe tener el producto  $A \cdot B = C$ . Así las cosas,  $C$  será una matriz columna y albergará en sus filas a los coeficientes del polinomio producto  $P \cdot Q$ , que son  $n+s+1$ ; así que  $A$  tiene  $n+s+1$  filas.

Todo lo que acabo de decir puede ser traducido al criollo de la siguiente manera:

$$A \in \mathbb{R}^{(n+s+1) \times (s+1)} \quad \text{y está definida como}$$

$$(A)_{ij} = a_{i-j} \quad \begin{matrix} 0 \leq i \leq n+s \\ 0 \leq j \leq s \end{matrix}$$

(1) No necesariamente  $\mathbb{R}$ . Puede ser cualquier cuerpo  $K$ .



$B \in \mathbb{R}^{(s+1) \times 1}$  y está definida como

$$(B)_i = b_i \quad 0 \leq i \leq s$$

Obviamente

$$A \cdot B = C \in \mathbb{R}^{(n+s+1) \times 1} \text{ y}$$

$$(C)_i = \sum_{j=0}^s (A)_{i,j} (B)_j = \sum_{j=0}^s a_{i,j} b_j$$

que es justamente lo que decía el poeta. Se me puede objetar así:

¡Pará, loco! El poeta decía que lo que había entre paréntesis en  $(*)$ :  $\sum_{j=0}^k a_{k-j} b_j$ ,  $(*)$ , se podía llevar a un producto matricial y tu producto matricial es  $\sum_{j=0}^k a_{k-j} b_j$ ,  $(**)$ .

¿0 es que acaso es  $(*)$  igual a  $(**)$ ?

La respuesta es sí:

Recordando que en  $(*)$   $0 \leq k \leq n+s$  veamos los siguientes 3 casos

$k < s$

$$\sum_{j=0}^k a_{k-j} b_j = \sum_{j=0}^k a_{k-j} b_j \text{ ya que } a_j = 0 \text{ si } j < 0$$

$k = s$

la igualdad es inmediata.

$k > s$

$$\sum_{j=0}^k a_{k-j} b_j = \sum_{j=0}^s a_{k-j} b_j \text{ ya que } b_j = 0 \text{ si } j > s$$

Así que, el polinomio  $T$ , definido a partir de la matriz  $C = A \cdot B$  como

$$T = \sum_{i=0}^{n+s} C_{i,1} x^i$$

es el producto de  $P \cdot Q$ .

Conclusión: Un polinomio  $T$  (de grado  $n+s$ ), que es el producto de dos polinomios  $P$  (de grado  $n$ ) y  $Q$  (de grado  $s$ ), puede ser representado por una matriz  $C \in \mathbb{R}^{(n+s+1) \times 1}$  que es el producto de dos matrices  $A \in \mathbb{R}^{(n+s+1) \times (s+1)}$  y  $B \in \mathbb{R}^{(s+1) \times 1}$  que se hallan a partir de  $P$  y  $Q$  como se hizo anteriormente.

#### Observaciones:

1) Para visualizar mejor estas ma-

trices, las escribimos en forma de cuadro

1.a) LA MATRIZ  $A$ . Como la pinta que toma  $A$  depende de que  $n$  sea mayor o menor que  $s$ , dividimos este caso en dos subcasos:

1.a.i)  $s \leq n$ ; recordando que  $(A)_{ij} = a_{i-j}$  y  $a_j = 0$  si  $j < 0$  ó  $j > n$ , resulta

$$\begin{matrix} & \overbrace{\hspace{2cm}}^{s+1} \\ n \left\{ \begin{array}{cccccc} a_0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_1 & a_0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_2 & a_1 & a_0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_s & a_{s-1} & a_{s-2} & a_{s-3} & \dots & a_0 \\ a_{s+1} & a_s & a_{s-1} & a_{s-2} & \dots & a_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_n & a_{n-1} & a_{n-2} & a_{n-3} & \dots & a_{n-s-1} \\ a_n & a_{n-1} & a_{n-2} & a_{n-3} & \dots & a_{n-s} \\ 0 & a_n & a_{n-1} & a_{n-2} & \dots & a_{n-s+1} \\ \vdots & 0 & a_n & a_{n-1} & \dots & a_{n-s+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & a_n \end{array} \right\} \begin{matrix} n-s \\ \odot \\ \mathcal{M} \end{matrix} = A \end{matrix}$$

Si  $s=n$ , la porción  $\odot$  de la matriz desaparece.

1.a.ii)  $s > n$

$$\begin{matrix} & \overbrace{\hspace{2cm}}^{s+1} \\ n \left\{ \begin{array}{cccccc} a_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_1 & a_0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_2 & a_1 & a_0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_n & a_{n-1} & a_{n-2} & \dots & a_0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & a_n & a_{n-1} & \dots & a_1 & a_0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & a_n & \dots & a_2 & a_1 & a_0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & a_n \end{array} \right\} \begin{matrix} = A \\ \mathcal{M} \end{matrix} \end{matrix}$$

1.a.iii) En este punto no tengo nada que poner.

1.b) LA MATRIZ  $B$ . Recordando que  $B$  es una matriz columna definida como  $(B)_i = b_i$ , resulta

$$\begin{matrix} s+1 \left\{ \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_s \end{bmatrix} \right. = B \end{matrix}$$



Aún podemos dividir este caso en dos subcasos, pero en este caso no tiene caso tal división (aunque tal vez, a esta altura, el lector ya no entienda un catso...).

1.c) LA MATRIZ  $\mathbb{C}$ , producto de  $\mathbb{A}$  por  $\mathbb{B}$ , tendrá el aspecto general:

$$n+s+1 \left\{ \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 b_0 + a_0 b_1 \\ a_2 b_0 + a_1 b_1 + a_0 b_2 \\ \vdots \\ a_n b_s \end{bmatrix} \right\} = \mathbb{C}$$

2) Hemos estado suponiendo que el producto era  $P.Q$ . Pero por la estructura de  $\mathbb{R}[X]$ ,  $P.Q = Q.P$ ; esto significa que podríamos haber definido  $\mathbb{A}$  a partir de los coeficientes de  $Q$ , y  $\mathbb{B}$  a partir de  $P$ , y siempre multiplicar  $\mathbb{A}$  a izquierda de  $\mathbb{B}$ . En este caso se alterarán el número de filas de  $\mathbb{B}$  (que pasaría a ser  $n+1$ ) y de columnas de  $\mathbb{A}$  (también  $n+1$ ). O sea que la forma final de  $\mathbb{A}$  y  $\mathbb{B}$  depende de qué polinomio se elija para definir los coeficientes de estas matrices. Finalmente, la matriz  $\mathbb{C}$  no cambia sea cual sea dicha elección.

3) La nada.

### ALGORITMO DE DIVISION EN $\mathbb{R}[X]$

"matrices y polinomios son la pareja perfecta. Los une un isomorfismo y la matriz compañera.", díjole a un descreído la vieja casamentera.

"Y si esto no alcanzara para llamar tu atención, chupate esta mandarina, seguí la demostración, vía teoría de matrices del algoritmo de división."

Formalizando:

Nos proponemos a continuación (la vieja casamentera y yo) demostrar

el llamado algoritmo de división. En la demostración habitual se utiliza el hecho de que los coeficientes del polinomio viven en un cuerpo (nosotros usamos  $\mathbb{R}$  por costumbre), cosa que también usaremos nosotros para invertir una matriz.

La demostración da además, una forma efectiva de calcular cociente y resto de la división (una demostración constructivista.).

El teorema habitual reza así:

Teorema

Sea  $T$  de grado  $n+s$  y  $P$  de grado  $n$ ,  $T$  y  $P \in \mathbb{R}[X]$ , entonces existen únicos  $Q$  de grado  $s$  y  $R$  tal que

$$T = P.Q + R$$

con  $R=0$  ó  $\text{gr}(R) < n = \text{gr}(P)$ . Amén

Traducido a nuestra notación, el teorema reza

Teorema

Si  $\mathbb{C} \in \mathbb{R}^{(n+s+1) \times 1}$  (definido a partir de  $T$  como la matriz columna de sus coeficientes) y  $\mathbb{A} \in \mathbb{R}^{(n+s+1) \times (s+1)}$  (definido a partir de  $P$  como se hizo anteriormente), entonces existen únicos  $\mathbb{B} \in \mathbb{R}^{(s+1) \times 1}$  y  $\text{ir} \in \mathbb{R}^{(n+s+1) \times 1}$  tal que

$$\mathbb{C} = \mathbb{A}.\mathbb{B} + \text{ir}$$

con  $\text{ir}_j = 0$  si  $j \geq n$

Demostración

Elijo  $\mathbb{B}$  de tal manera que verifique

$$(2) \begin{bmatrix} c_n \\ c_{n+1} \\ c_{n+2} \\ \vdots \\ c_{n+s} \end{bmatrix} = \mathcal{M}.\mathbb{B}$$

donde  $\mathcal{M}$  es una submatriz de  $\mathbb{A}$ : la matriz cuadrada de orden  $s+1$

formada por las últimas  $s+1$  filas de  $\mathbb{A}$  (ver observación 1.a) Notemos que la matriz columna del 1º miembro de (2) es la formada por los  $s+1$  últimos elementos de la matriz  $\mathbb{C}$  (definida a partir de  $T$ ). Como  $\mathcal{M}$  es triangular superior, con determinante  $a_n^{s+1} \neq 0$  entonces existe  $\mathcal{M}^{-1}$ . El vector columna  $\mathbb{B}$  existe, es único, y se calcula como



$$IB = M^{-1} \begin{bmatrix} c_n \\ c_{n+1} \\ c_{n+2} \\ \vdots \\ c_{n+s} \end{bmatrix}$$

Por último, el vector columna  $C - A \cdot IB$  es el único que verificará que sumado a  $A \cdot IB$  dé como resultado  $C$ , o sea que es el  $ir$  buscado.

Verifiquemos que  $ir_j = 0$  si  $j \geq n$ . Esto es claro pues las últimas  $s+1$  filas de  $ir$  (que  $\in \mathbb{R}^{(n+s+1) \times 1}$ ), o sea las filas  $n$  hasta la  $n+s$  son

$$\begin{bmatrix} r_n \\ r_{n+1} \\ \vdots \\ r_{n+s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_n \\ c_{n+1} \\ \vdots \\ c_{n+s} \end{bmatrix} - M \cdot IB = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

Así es que aquel teorema anteriormente enunciado ha quedado de esta forma totalmente demostrado.

#### EJEMPLO

Fijemos ideas. La gente que ya tenga ideas fijas puede abstenerse de leer lo que sigue.

Sea  $T = x^4 + 3x^3 + 2x^2 + x + 1$  y  $P = x^2 + 2x + 1$ , escribimos

$$C = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \left. \vphantom{\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix}} \right\} M$$

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}$$

$$M^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 3 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$IB = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 3 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$ir = \begin{bmatrix} r_0 \\ r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix} = C - A \cdot IB = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

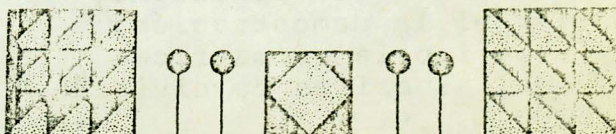
Una verificación inmediata permite ver que

$$(x^2 + 2x + 1)(x^2 + x - 1) + (2x + 2) = x^4 + 3x^3 + 2x^2 + x + 1$$

Y colorín colorado este ejemplo ha terminado

Agradecimientos. Agradezco a Interacción que haya accedido a publicar este artículo, rebotado en la revista de poesía de mi barrio.

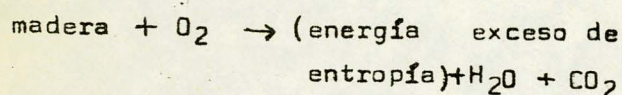
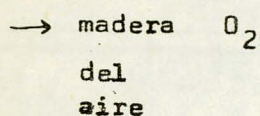
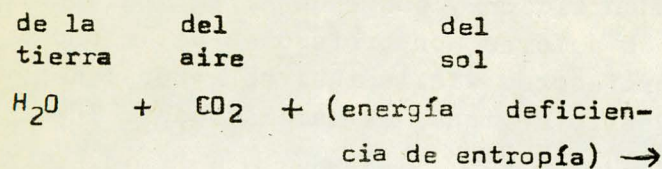
Y fueron felices y comieron perdices... Anónimo.





(Viene de pág. 34)

los rayos solares y la posterior combustión en una estufa del material producido se puede describir mejor con las siguientes ecuaciones simbólicas:



La energía, que debe conservarse, es absorbida en el primer proceso y liberada en el segundo. La entropía, que siempre debe aumentar, aumenta en ambos procesos, porque la "desaparición de una deficiencia" equivale ciertamente a la "aparición de un exceso".

El aprovechamiento de los rayos del sol permite a las plantas obtener su alta organización molecular (entropía negativa). Esta organización y la energía acumulada pasan luego a los animales, que son, en este caso, completamente parásitos, al menos desde el punto de vista de las plantas.

---

En Sumatra, alguien quiere doctorarse de adivino. El brujo examinador le pregunta si será reprobado o si pasará. El candidato responde que será reprobado... (Borges)

## hace 100 años : INTERACCION

PROFESORES por Pablo Coll

**HEURISTICA:** Método de enseñanza que intenta hacer que el estudiante descubra lo que se desea que aprenda.

La facultad fue invadida por una camada de profesores heurísticos, el profesor "A" anunció que iba a dictar la materia "S", en la primera clase explicó sus ideas sobre el método de trabajo, dio el programa de la materia, y la bibliografía, luego durante el cuatrimestre apareció un par de veces por si había una consulta.

El profesor "B" anunció que iba a dictar una materia "T". Los estudiantes sólo le vieron la cara el día que dio el temario y sugirió que no consultaran bibliografía.

El profesor "C" anunció que iba a dictar una materia, pero dejó a los estudiantes que descubrieran por sí solos de que materia se trataba.

El profesor "D" dejó que los estudiantes descubrieran si es que pensaba dictar alguna materia.

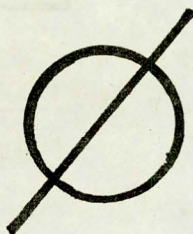


ros fueron Oscar Varsavsky y Roque Carranza, totalmente originales para la época en el orden internacional, que colocaron al Instituto de Cálculo en la vanguardia de la computación científica en América Latina. A partir de la actividad de investigación desarrollada en el Instituto de Cálculo, se creó una carrera corta, la de Computador Científico, la primera experiencia educacional de este tipo en el continente.

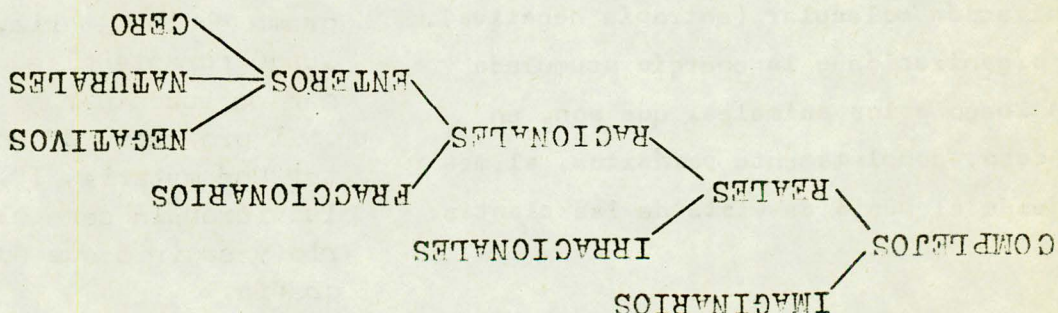
(3) "Una buena fuente para el índice de

los cursos y seminarios dictados en el Dpto. de Matemática a partir de 1956 lo da la serie de publicaciones tituladas Cursos y Seminarios de Matemática de la Facultad de Ciencia Exactas y Naturales de la U.B.A. Esta serie empieza en 1958 y rápidamente adquiere alto prestigio, demostrado por los numerosos pedidos de adquisición y cange que llegan al Dpto. Los autores son profesores del mismo o profesores visitantes, en general del Centro Regional de Matemáticas". Idem (1) pág.85.

## Cartas de Lectores



Lo que significa que son tres los números que faltan: uno negativo, uno natural y el cero. ¿Y el cero?



Solución: la secuencia corresponde a los conjuntos de números desde los complejos hasta los enteros de la siguiente manera

Respuestas al BUS BUS REBUS: 1) Asíntota; 2) Parábola; 3) Coordenadas polares; 4) Función Inversa; 5) Raíz enésima; 6) Seno de theta; 7) Serie convergente; 8) Cálculo diferencial; 9) Teorema.



# COMENTARIOS SEMANTICOS SOBRE NUMEROS Y CONCEPTOS

Thomas M. SIMPSON

Los problemas pedagógicos existen y deben examinarse con la mayor cautela, haciendo uso de un aparato analítico adecuado, que distinga claramente entre los objetivos y los medios, las realidades de la enseñanza y las ilusiones especulativas. Pero es importante no identificar este análisis cauteloso con el ataque delirante y fanático a la matemática moderna. Este ataque escandaloso ampliamente difundido por la prensa, es una forma de vandalismo cultural, y su impulso destructivo no difiere esencialmente del que llevó a un fanático de Roma a mutilar la estatua de Moisés, cuyos ojos habrán contemplado con asombro la vastedad del nihilismo que arrasa nuestra época.

Es claro, en primer lugar, que se requiere poner énfasis en la formación de profesores capaces de enfrentar el desafío de los nuevos planes de enseñanza. Este punto ha sido ya señalado por el profesor Jorge Bosch, y constituye una de las claves del problema. Otro punto esencial es el estudio de los mecanismos psicológicos del aprendizaje, con el objeto de lograr un equilibrio entre los indispensables apoyos intuitivos y la introducción

de niveles de abstracción cada vez más elevados. Porque no se trata de reemplazar la memorización tradicional por la memorización moderna, sino de que el alumno incorpore activamente los elementos de un aparato conceptual que es parte básica de la ciencia contemporánea. Lo cual no implica descuidar los aspectos algorítmicos, en la medida exacta en que lo requiera el hecho irreversible de que vivimos en la época de las computadoras.

## 1. Del excesivo rigor conceptual o la historia del mono limpio.

Muchos profesores, fascinados por la sistematización conjuntista de la matemática, creen que los alumnos deben poseer primero una comprensión cabal de los conceptos conjuntistas, y sólo después aplicarlos en el campo operativo, mediante el uso consciente de las propiedades que el sistema conceptual exhibe. Se supone que cualquier otra alternativa convertirá al alumno en un "loro matemático", que puede repetir sin comprender. Estoy pensando, en particular, en la seducción ejercida por la construcción genética de los números reales, que constituye un alarde de fantasía lógica: una sólida torre abstracta con pisos

Thomas Moro Simpson es actualmente investigador del CONICET y del Instituto Di Tella. Es además autor de: "Formas Lógicas, Realidad y Significado (EUDEBA 1975). "Semántica Filosófica: Problemas y Discusiones" (Siglo XXI, 1973). "Dios, El Mamboretá y La Mosca - Investigaciones de un Hombre Curioso" (La Pléyade, 1974) (1º Premio Municipal 1974)



numéricos de niveles ascendentes y sucesivos "teoremas de inmersión", que vinculan los pisos superiores con los inferiores, permitiendo que se comuniquen y se contemplen entre sí, como parientes fraternos, el número 1 natural y el número 1 entero, el 1 entero y el 1 racional, y finalmente, el 1 racional y el 1 real, que está en el mirador de la torre, ya muy cerca de Dios.

No se pueden negar las ventajas teóricas de esta construcción genética, ni alguna de sus virtudes didácticas, como la naturalidad con que se derivan las "reglas de los signos"; pero si no se toman los recaudos adecuados, su enseñanza puede frustrar los objetivos que se buscan, cambiando una forma de memorización por otra. El loro matemático habrá cambiado de discurso y podrá repetir, quizás con el mismo desaliento: "Sea  $f$  una función biyectiva...".

Esto me recuerda el caso de un biólogo que le dio a un chimpancé un terrón de azúcar. Bueno, este chimpancé, este prójimo, para decirlo en forma general, era tan limpio que corrió con el terrón de azúcar a una pileta, y lo lavó en forma frenética, hasta que el azúcar desapareció totalmente. Es que quería un terrón de blancura sin mácula, tenía "sed de absoluto", como el partidario poco cauteloso de enseñar en la escuela secundaria la construcción genética. El peligro evidente es que el alumno se quede con las manos vacías; sin la capacidad operativa y sin el sistema conceptual.

La referencia a la "capacidad operativa" sugiere la necesidad de un comentario aclaratorio sobre la "memorización", tema que se mantiene envuelto en un equívoco persistente, típico y elemental. Entendida según el paradigma del loro matemático, la memorización ha caído en un franco y justificado descrédito, pues se supone que el objetivo final de la enseñanza es el desarrollo de la comprensión y la creatividad, opuestos a la repetición irreflexiva. Pero de aquí es fácil deslizarse al rechazo total de los recursos memorísticos, como si fuera posible para alguien -Platón o un niño de tres años- dar buenas razones en apoyo de todas sus creencias. El uso de la tabla de multiplicar es un buen ejemplo. Sería poco razonable pedir que un niño sea capaz de explicar en cada caso por qué  $A \cdot B$  es igual a  $C$ , en lugar de enseñarle de "memoria" la tabla de multiplicar y luego los algoritmos generales para calcular el producto de números arbitrarios. En modo alguno estoy en contra de la facultad de memorizar, en el sentido estricto de acumular información. Es bueno recordar alguna vez - para lo cual se necesita memoria- que sin memoria no hay conocimiento. El punto clave es, que la memorización sea utilizada racionalmente

de acuerdo con la edad del educando, el ordenamiento temático de la disciplina en estudio y los objetivos de la enseñanza en cada contexto educacional.

Finalmente, una observación insidiosa: he hablado de dar "buenas razones", y en matemática "una buena razón" en favor de un enunciado es simplemente su demostración correcta. Pero es utópico creer que la mera capacidad de escribir una demostración es "per se" una prueba de racionalidad o comprensión por parte del ejecutante: quizás el loro matemático haya ampliado su repertorio, incluyendo en él la repetición mecánica de demostraciones impecables. La moraleja es que hay que andar con "pie de plomo" al adoptar criterios para evaluar el grado de comprensión y saber real exhibidos por el alumno. Puede haber mayor racionalidad y comprensión en la práctica operativa exitosa que en el recitado correcto de un teorema; pues el éxito operativo exige la capacidad de reconocer las relaciones lógicas que vinculan una regla con sus múltiples casos de aplicación, relaciones que están lejos de ser siempre un paradigma de transparencia y cuyo dominio práctico constituye un criterio de actividad "inteligente".

2. Análisis y construcción de conceptos: la ilusión escencialista.

Existe la creencia ingenua de que las construcciones conjuntistas han capturado por fin la esencia evanescente de los conceptos matemáticos; en particular del concepto de número, cuya naturaleza había sido investigada sin éxito desde Platón y Aristóteles. Hasta Rudolf Carnap, el lobo feroz del positivismo lógico, afirmó una vez que antes de que Frege diera su definición de "Número cardinal" nadie conocía el significado de los términos numéricos. De creerle a Carnap, habría sido preciso que Frege "descubriera" que los números cardinales son clases de propiedades equinumerosas (no "clases de clases", según reza la fórmula usual) para que la humanidad pudiese comprender el significado exacto de oraciones como " $2+1=3$ " y "Te cambio una pera por dos chokolatines". El error de esta postura se revela en el hecho mismo de que el propio Frege advirtió que no había una única definición correcta de "Número cardinal", sino varias alternativas, entre ellas la que lo define como una propiedad de segundo nivel. Paradójicamente, es el propio Carnap quien se encarga de poner énfasis en esta importante observación de Frege, incluida como al descuido en un pie de página de su *Grundlagen*. Y es tentador recordar que cuando Frege publicó su de-



finición, de la cual resulta que un número "tiene miembros", tanto Husserl -defensor entonces de una filosofía psicologista de la aritmética- como Peano, el creador de la ya legendaria axiomática, la rechazaron por considerarla incompatible con nuestras intuiciones más fuertes respecto del concepto de número. Esto puede parecer sorprendente; pero si tratamos de examinar la definición con cierta inocencia teórica, si, por imposible, lográramos desasirnos de las toneladas de libros que nos aplastan, quizás la idea de que un número tiene miembros nos parecería tan extraña como la afirmación de que un triángulo respira; el corazón nos diría que existe aquí una "incompatibilidad categorial", lo cual implica un riesgo de sin sentido.

¿Cuál es entonces la naturaleza de la propuesta de Frege, y, en general, de las formulaciones conjuntistas de la matemática? ¿Se trata de un análisis de las nociones matemáticas que preserve la sinonimia, un análisis que vuelva explícito el significado oculto en la mente de los hablantes, en los usos del lenguaje ordinario o del lenguaje técnico de los matemáticos profesionales? ¿Es en realidad la revelación de una verdad nunca sospechada acerca del significado real de las expresiones numéricas, comparable al descubrimiento de la composición molecular de una sustancia? O nos ofrece, en cambio, una construcción conceptual entre otras construcciones alternativas, sin relación de sinonimia con el lenguaje usual de la matemática, pero que satisface ciertos requisitos básicos vinculados con los conceptos y proposiciones matemáticas usuales?

Para ilustrar este punto me voy a servir de la pregunta que le hicieron ayer al profesor Bosch: ¿Es o no cierto que  $N \subset Z \subset Q \subset R$ ? La pregunta es incompleta y, en consecuencia, la respuesta directa es imposible. Pues la validez de estas relaciones de inclusión depende de la forma en que se realice la construcción conjuntista de la matemática, y ya se sabe que hay varias alternativas, todas incompatibles entre sí. Sólo se puede responder por una pregunta análoga, que introduzca un parámetro ausente en la primera: ¿"Es o no cierto que  $N \subset Z \subset Q \subset R$  en la teoría T?".

Dado un concepto A usado en forma preanalítica y un conjunto de definiciones diferentes de A, todas las cuales permiten recoger y sistematizar las mismas verdades que el uso de A permitía formular, no tiene por qué haber sinonimia (identidad estricta de significados) entre A y los conceptos que proporcionan sus diferentes definiciones. No puedo entrar en los detalles de la teoría de la definición, pero es posible agregar algo. No son definiciones sinónimas, como "padre=progenitor

masculino", que establece una identidad entre sinónimos. En general, cuando se trata de conceptos de cierta complejidad, el resultado del "análisis" es en rigor un concepto nuevo (analysans) que debe guardar con el anterior (analysandum) relaciones de carácter muy especial; es una construcción, no una imagen especular del analysandum, pero debe desempeñar ciertos papeles que éste desempeñaba. En el caso particular de los conceptos numéricos, no basta definir "número natural" y proveer una regla para la definición de cada uno de ellos por separado, por ejemplo, de "2" o de "4". Naturalmente, hay que definir también las operaciones; pero, además, las definiciones deben ser salva veritate: las oraciones conjuntistas correspondientes a las verdades matemáticas usuales deben ser también verdaderas en la teoría de los conjuntos de la que formen parte. Así, para que las definiciones conjuntistas de "2", "4", "+" y "=" sean aceptables en una teoría T, se requiere que sea verdadera en T la contraparte conjuntista de " $2+2=4$ "; podemos suponer que esta contraparte es, en forma abreviada,

$$(\alpha)(\beta) [ ((\alpha \cap \beta) = \emptyset. (\alpha \in 2). (\beta \in 2)) \rightarrow (\alpha \cup \beta) \in 4 ]$$

donde "2" y "4" son eliminables en favor del vocabulario conjuntista (NB: a) he dicho "contraparte" y no "traducción" como es habitual porque "traducción" (correcta) sugiere identidad de significado; b) la necesidad de definir " $\neq$ " surge del hecho de que en una teoría de conjuntos el sentido de " $=$ " es diferente que en un cálculo de propiedades).

La inexistencia de sinonimia definicional puede ilustrarse vívidamente con otros ejemplos. En cierta construcción conjuntista de la aritmética el cero es identificado con la clase nula, el 1 con la clase unitaria cuyo elemento es el 2, etc., formándose así un encajonamiento infinito de clases unitarias; en el fondo de todo solitaria y estoica en el abismo, fiel a su responsabilidad, está la clase nula como piedra fundamental de la construcción:

| $\emptyset$ | $\{\emptyset\}$ | $\{\{\emptyset\}\}$ | $\{\{\{\emptyset\}\}\}$ |
|-------------|-----------------|---------------------|-------------------------|
| ↑           | ↑               | ↑                   | ↑                       |
| 0           | 1               | 2                   | 3                       |

Pero en otra construcción de la aritmética cada número contiene como miembros a todos los anteriores a él:

| $\emptyset$ | $\{\emptyset\}$ | $\{\emptyset, \{\emptyset\}\}$ | $\{\emptyset, \{\emptyset, \{\emptyset, \{\emptyset\}\}\}\}$ |
|-------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| ↑           | ↑               | ↑                              | ↑                                                            |
| 0           | 1               | 2                              | 3                                                            |

Y no hay manera de responder directamente a la pregunta: "Es o no el número 1 un miembro del número 3?". Depende de la construcción que se elija.



Todo esto sugiere que hay poca sabiduría en tomar con fanatismo ontológico estas construcciones de la aritmética, cuyo poder sistematizador y clarificador es una conquista admirable del pensamiento humano. No nos dan la "esencia" del concepto del número; son en buena parte construcciones ad-hoc, elaboradas con el objetivo expreso y las restricciones necesarias para que se deduzcan los teoremas de la matemática intuitiva, y ello a partir de algunos axiomas que quizá sean menos claros que las leyes usuales de la aritmética. Esta situación permite comprender una aguda observación del gran lógico y filósofo Willard Quine: es posible que sea mejor fundamentar la teoría de conjuntos en la aritmética y no la aritmética en la teoría de conjuntos, porque es dudoso, en el fondo, cuál de estas disciplinas está más necesitada de clarificación.

#### 4. Aprendizaje de conceptos y competencia lingüística

El esencialismo se vincula con cierta filosofía del lenguaje, y, en particular, con cierta concepción acerca de las condiciones requeridas para la competencia lingüística, que incluye, naturalmente, la "comprensión" de los "significados". Para simplificar las reflexiones que siguen, nos limitaremos a los términos generales ("perro", "triángulo") y no a los nombres propios ("Juan", "Napoleón") u otros tipos de expresiones lingüísticas.

De acuerdo con una tradición semántica predominante, un término  $t$  posee en primer lugar un significado, el cual es el conjunto de las condiciones necesarias y suficientes que un objeto  $x$  debe poseer para que  $t$  le sea aplicable de manera correcta. dicho de otro modo, para que  $t$  sea verdadero de  $x$ . El conjunto de objetos a los que  $t$  es aplicable constituye la denotación del término, que está unívocamente determinada por su significado. Esto último es lo que se denomina "la primacía del significado sobre la aplicación", o también, como veremos en seguida, la primacía de la intensión (con "s", no con "c") sobre la extensión. Así, el significado de  $t$  es formular una idea de la forma  $t:x$  y  $z$ , donde el segundo término expresa las condiciones necesarias y suficientes que  $t$  no exhibe a la luz del día; tal identidad no es otra cosa que la definición (sinonímica) de  $t$ . Se supone también, inevitablemente, que "comprender" el significado de "perro" es conocer ese conjunto de condiciones, que funciona como un criterio de aplicación correcta en cualquier circunstancia posible, o, para decirlo con una expresión de moda, en cualquier mundo posible. Parece obvio de acuerdo con esto que el hablante competente de un lenguaje debe conocer los significados de sus términos generales, y por lo tanto las condiciones necesarias y suficientes de su aplicación correcta; si no fuera así, ¿cómo podría determinar si el término es aplicable o no a un objeto nuevo?

La oposición significado-denotación se presenta en la tradición semántica mediante otros pares análogos y variada terminología: significado-referencia; sentido-denotación; concepto-aplicación; intensión-extensión; comprensión-extensión; etc; aquí consideramos como intercambiable los primeros términos de cada par; e igualmente los segundos, para acomodarnos plásticamente a los hábitos del lector. Desde un punto de vista ideal un concepto (o significado, o intensión, etc.) divide nitidamente el universo en dos partes; el constituido por su extensión (que podría ser nula en el caso de conceptos como "Cuadrado redondo" o "tortuga egoísta"), y la parte restante (que podría ser la totalidad del universo). Si volvemos a la palabra "perro" y representamos el universo con un círculo, cada concepto determinaría una situación como la siguiente:

perros

no perros

Se observará que no se incluyen zonas de indeterminación; el principio de tercero excluido ("Todo objeto es perro o no es perro") resulta válido sin restricción alguna. Pero, según nos dicen, cada concepto no sólo produce esta división en el mundo real en el universo tal cual es, sino cualquier mundo posible. Frege sostenía que en caso contrario no tendríamos un concepto genuino. De acuerdo con esta orientación semántica, el significado de un término  $t$  puede definirse como una función en sentido matemático, una función  $f$  cuyo dominio son todos los mundos posibles, entre ellos el mundo real, y tal que si  $w$  es un mundo posible,  $f(w)$  es la extensión de  $t$  en  $w$ . Esta propuesta fue inaugurada por Carnap en 1948, y ha tenido buena fortuna en los desarrollos posteriores de la semántica (y pragmática) de orientación lógico-formal. Es fácil comprender que este esquema semántico puede sugerir una norma pedagógica esencialista, según la cual la enseñanza debe proceder inflexiblemente de los conceptos a las operaciones en que interviene su aplicación.

Sin embargo, el anterior esquema semántico sólo constituye una idealización, útil para la teorización lógica pero ajena a las realidades del uso lingüístico. No puede fijar siquiera el objetivo final del aprendizaje de una lengua, pues las mencionadas condiciones necesarias y suficientes para todo mundo posible son una mera ficción, y ello debido a varias características del lenguaje que pueden resumirse en la noción de vaguedad. Un término es vago cuando no existe un límite preciso entre su aplicabilidad y su no aplicabilidad; hay casos claros de aplicación correcta, y casos claros en los que el término no se aplica; pero entre estos extremos se extiende una zona de indeterminación. "Poco", "mucho", "rápido", "grande", poseen este carácter hasta la extravagancia: lo que es poco, mucho, rápido o grande depende del contexto, y en



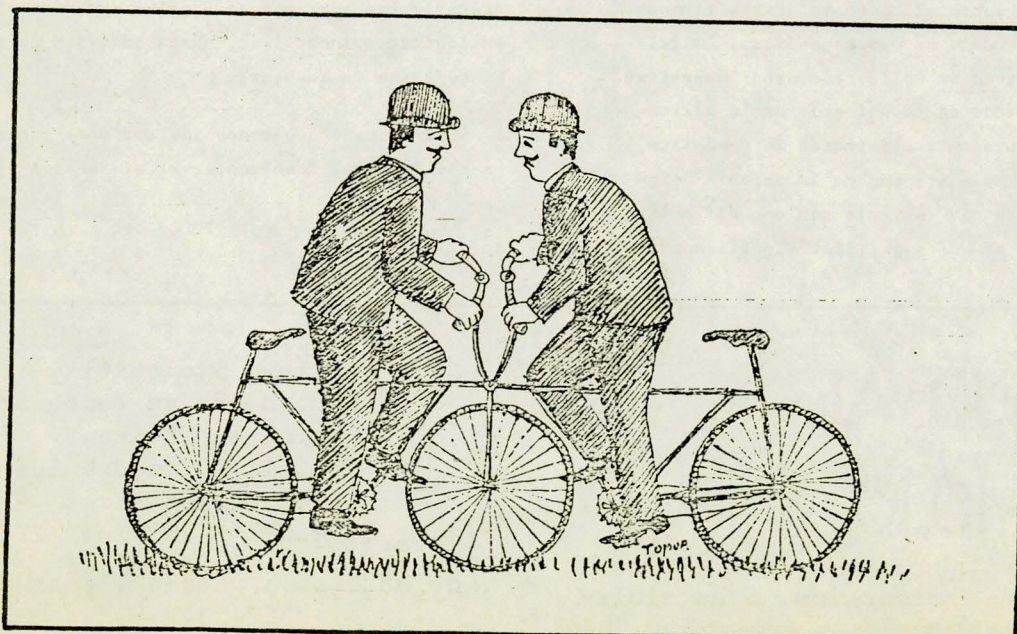
cada contexto hay además una zona intermedia de penumbra en la cual su aplicabilidad es dudosa, aunque resulte clara en los extremos. Por una parte, la hormiga grande es un animal pequeño, y un elefante pequeño es un animal grande; por otra, nadie puede saber dónde trazar una línea de separación entre los elefantes (u hormigas) grandes y pequeños. Hay ejemplos paradigmáticos de rojo y ejemplos paradigmáticos de no rojo; pero entre estos extremos se extiende una franja propicia a la perplejidad. Y esto no se debe a falta de información por parte del hablante: la indeterminación es una característica semántica del término, lo cual le impide dividir el universo en dos zonas nítidamente separadas, como quería Frege. Lo que puede resultar sorprendente, y quizás increíble, es que todos los términos empíricos son vagos en algún sentido. Muchos creen que un buen diccionario explicita el significado de los términos a la manera fregeana, pero se trata de una ilusión; si buscamos en el diccionario el significado de "perro", encontraremos un manojo de criterios a lo sumo necesarios, y finalmente dibujos o fotografías de ejemplares perrunos, que representan casos paradigmáticos de aplicación del término, pero no criterios universales que nos permitan separar los perros de los no perros en la vastedad de los mundos posibles. No se sabe, ni puede saberse, si un objeto que tiene todas las características usuales de un perro pequeño, pero además lee *La Divina Comedia* y se ríe a carcajadas, o se infla y se desinfla mientras dice: "Nunca sabrán si soy realmente un perro, o una nueva especie", es realmente un perro o una nueva especie. Este es un caso peculiar de vaguedad, la vaguedad potencial que se conoce con el nombre de "textura abierta"; por contraste, la vaguedad "rojo" es meramente actual.

Si dominar un lenguaje implicara el conocimiento de las célebres condiciones necesarias y suficientes, tendríamos que confesar que ninguno de nosotros domina el castellano; pero en tal caso estaríamos en la consoladora compañía de Quevedo y Cervantes.

Antes de proseguir conviene que nos detengamos por un momento en otro aspecto de la cuestión: el lugar común según el cual la precisión es invariablemente buena, y la vaguedad invariablemente mala. Este maniqueísmo semántico requeriría un examen crítico detallado, pues existen situaciones en las que la vaguedad puede contribuir de manera peculiar al éxito de la comunicación lingüística. Pero, me limitaré a un caso que posee una evidente implicación pedagógica; Quine lo presenta en *Word and Object* como una estrategia útil frente a la "linealidad del discurso". Supongamos que para comprender cierta cuestión B sea necesario comprender antes a A, pero A misma no puede ser explicada de manera cabal sin señalar excepciones y distinguos que requieren una comprensión previa de B. En una situación como ésta, dice Quine, "el expositor recurre a la vaguedad: formula A vagamente, luego se ocupa de B y por fin vuelve a A, sin haber exigido nunca que su lector aprendiera o desaprendiera nada realmente falso en la formulación preliminar de A" (*Word and Object*, p. 127).

No es mi propósito embarcarme en una defensa global de la penumbra, que también posee sus aspectos oscuros y aún nefastos; sólo quise ubicar el problema en una perspectiva más amplia. Existen grados de vaguedad y, correlativamente, grados diversos de precisión; y el uso astuto de un lenguaje vago puede ser un medio inevitable para alcanzar un lenguaje cada vez más preciso.

Consideremos ahora nuevamente la relación entre el significado (= concepto) expresado por un término *t* y sus





casos de aplicación correcta. Aunque no haya condiciones necesarias y suficientes para todo mundo posible, habrá al menos una red compleja (con regiones difusas) de criterios que gobiernan la conducta de un hablante competente. Pero aquí se impone una distinción fundamental entre:

- a) comprender el significado de t, y
- b) ser capaz de explicar el conjunto de criterios que constituyen ese significado.

Si yo les preguntara a ustedes "¿Qué es un árbol?", se verían en serias dificultades para hallar una respuesta satisfactoria. Otro ejemplo es la inocente palabra "juego", que gracias a Wittgenstein posee ya tradición filosófica y hasta solemnidad académica. El ajedrez es un juego, y también el ta-te-ti, pero ¿qué es un juego en general? Nadie lo supo nunca, con la posible excepción de Nostradamus. Sin embargo, sería grotesco inferir que ustedes no entienden estas palabras. El dominio del lenguaje (y, por lo tanto, de los conceptos ligados a él) se adquiere por un proceso de imitación y de práctica semejante al modo en que se aprende a manejar una bicicleta; pero un buen ciclista no tiene por qué conocer las leyes de la mecánica, y el hablante eficaz no tiene por qué ser consciente de los criterios de aplicación que gobiernan su conducta verbal. La explicitación de significados, la búsqueda de definiciones, es tarea de lexicógrafos y filósofos. Esto no debiera causar extrañeza alguna, pues nadie supone que hablar de manera correcta implica ser un buen gramático. El niño comienza su aprendizaje aplicando los términos a casos paradigmáticos, y por un intrincado proceso de inducciones y analogías extiende poco a poco su dominio de aplicación, sin que los criterios que gobiernan su conducta verbal alcancen a determinar nunca una extensión bien definida. Hay en este sentido una primacía de la aplicación sobre el concepto. Estas razones sugieren que, desde el punto de vista genético, la relación que va del concepto a su aplicación debe invertirse.

Un ejemplo iluminador de la primacía de la aplicación lo constituye la pregunta clásica de la semántica filosófica: ¿Cuál es el significado de la palabra "significado"? Esta pregunta nos enfrenta con una dificultad muy interesante: si no sé que significa "significado",

cómo puedo entender la pregunta acerca del significado de "significado"? Parecería, pues, que la semántica teórica propone desde el comienzo una tarea imposible. Pero el secreto para evitar este círculo es muy simple: entiendo esta pregunta porque existen objetos paradigmáticos, en particular ciertas oraciones y palabras, que aprendí a reconocer como significativas, en contraste con las expresiones carentes de sentido; puedo, además, usar "significado" correctamente en oraciones de la forma "La expresión X significa Y", aunque no disponga de ninguna definición de "significado". Sin la primacía de la aplicación sobre el concepto, tal pregunta no podría ser comprendida ni contestada, o carecía de sentido.

En un texto de un lingüista chino, cuyo nombre no puedo recordar, tropecé con una anécdota reveladora de la primacía de la aplicación en el proceso de aprendizaje lingüístico. Durante una reunión familiar en la que se bebía cerveza, un chico de unos tres años se impacientó y pidió llorando que le dieran de beber a él también. Previsiblemente, el padre se negó. Previsiblemente, el chico aumentó con sabiduría el caudal de sus lágrimas amargas. Para no romper la armonía de la noche, el padre dijo al fin con ambigua ternura: "Bueno, que haya paz en el hogar!", y le dio un vaso de cerveza. Pasaron dos semanas, y un día el chico se puso a gritar como un desaforado: "¿Qué haya paz en el hogar! ¿Qué haya paz en el hogar!". El padre, atónito, lo contemplaba sin comprender hasta que recordó la reunión familiar de dos semanas antes: advirtió entonces que su hijo le estaba pidiendo un vaso de cerveza. En la semántica provisoria del niño, resultado de una inducción audaz basada en un solo caso, "Que haya paz en el hogar" denotaba una bebida alcohólica. Quiero imaginar que a partir de este día el chico de esta historia fue corrigiendo y mejorando sus extrapolaciones analógicas e inductivas, hasta adquirir la competencia lingüística de su padre.

1. Está probado que todas las tortugas son generosas. Para más detalles, confrontar el exhaustivo estudio de Jorge E. Ramponi,

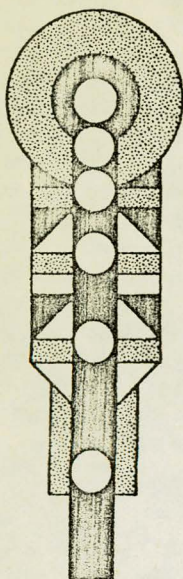
OJO AL  
PIOJO

Para participar en Interacción, o escribirnos, conectate con

Gustavo Stolovitzky  
Lab. de Bajas Temperaturas  
Depto. de Física.  
Pab. I, Ciudad Universitaria  
1428. Buenos Aires  
(t.e: 781-5020 / 29 int 276)

Los muchachos pueden llamar a Alba:  
362-5345

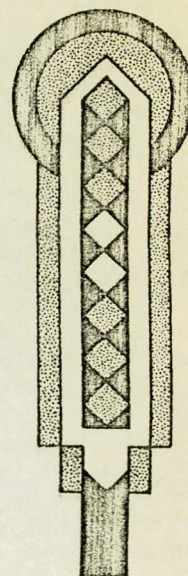




# LA MAQUINA DE TURING

Manuel Sadosky

Este artículo ha sido extraído de la revista Ciencia Nueva (Nº1, 1970) y corregido por el autor para Interacción



Una computadora automática es esencialmente un mecanismo capaz de obedecer órdenes y efectuar cálculos (aritméticos o lógicos). A pesar de las ideas corrientes que pueden inducir a vincular la noción de automatismo con la rapidez obtenida mediante dispositivos electrónicos, la velocidad no hace a la esencia del problema. Es más, una "máquina" sumamente sencilla que no es rápida pero tampoco es costosa, proporciona todos los elementos para comprender con la máxima claridad en qué consiste el funcionamiento automático, qué es un lenguaje interno y qué un lenguaje externo, qué es un programa y, en su conjunto, cómo se elabora la información que se le proporciona a la máquina y cómo ésta devuelve la información procesada. Todos estos conceptos conservan su validez cuando se trata de los computadores más sofisticados y veloces que existen en el mercado.

## LA MAQUINA DE TURING

Nos referimos a la llamada "máquina de Turing", creada con el propósito de discutir difíciles problemas de lógica matemática en el campo de la computabilidad y la teoría de la decisión, por el célebre lógico inglés Alan M. Turing (1912-1954) quien concibió este dispositivo en 1936, mucho antes de que se pensara en la construcción efectiva de computadoras automáticas electrónicas.

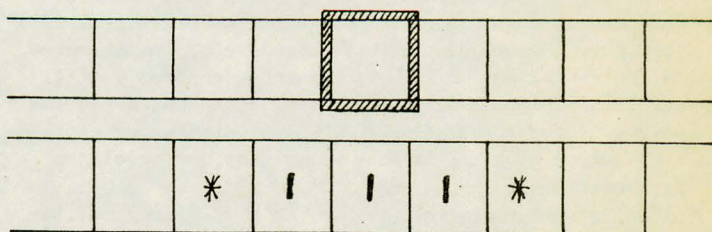
Todo el material que necesita disponer el lector para construir para sí mismo una máquina de Turing, es papel, preferentemente cuadriculado, un lápiz y una goma de borrar. Le aconsejamos que utilice ese material al mismo tiempo que lee este artículo para sacar de él el efectivo provecho.

Como dijimos antes, Turing ideó su "máquina" para encarar arduos problemas lógicos, pero nosotros nos limitaremos a usar el mismo dispositivo con propósitos didácticos, para resolver sencillísimos problemas aritméticos.

La máquina de Turing consiste simplemente en una cinta infinita (en la práctica se considera una cinta indefinidamente prolongable en ambos sentidos) en la cual están marcadas celdillas cuadradas de lado igual al ancho de la cinta; sobre la cinta se desplaza un cursor

cuya abertura o visor equivale a una celdilla (fig 1.) Para poder realizar con esta máquina —como con cualquier otra máquina— operaciones aritméticas, es necesario elegir un conjunto de símbolos y definir ciertas convenciones que permitan escribir los números con los símbolos elegidos y plantear las operaciones. Eso símbolos y esas convenciones constituyen lo que se llama el "lenguaje de la máquina".

En la máquina de Turing utilizaremos los símbolos ', \* (y a veces también, como sustitutos del símbolo ', los símbolos:  $\alpha$ ,  $\beta$ , etc.) conviniendo que "escribir" un número en la máquina quiere decir poner en tantas celdillas como unidades tiene el número el símbolo ', colocando el símbolo \* en la celdilla anterior al primer ' de la izquierda y en la posterior al último ' de la derecha.



Se conviene, además, que cuando se debe operar con dos números éstos se escriben uno a continuación del otro dejando una celdilla vacía (símbolo  $\square$ ) entre ambos. Estos símbolos y estas convenciones que permiten la "escritura" en la máquina constituyen la parte del lenguaje de la máquina llamada EXTERNA. El lenguaje se completa con el llamado lenguaje INTERNO constituido por el conjunto de símbolos que permiten "dar órdenes" a la máquina. En la máquina de Turing el lenguaje interno está formado por los símbolos: A (inicial de "avanzar" que ordena que el cursor sea corrido una celdilla de izquierda a derecha), R (inicial de "retroceder", que ordena mover el cursor de derecha a izquierda una celdilla), B (inicial de "borrar", que indica que si aparece un símbolo en el visor debe ser borrado y que, generalmente, se omite poniendo simplemente el símbolo  $\square$



con lo cual se indica que se debe reemplazar con un blanco al símbolo que aparezca en el visor), ! (signo de admiración que se emplea para indicar que la operación ha terminado) y ? (signo que indica en este lenguaje interno que se ha cometido un error en el cálculo).

#### LA NOCIÓN DE ALGORITMO

Una vez en posesión del "lenguaje" para poder operar es preciso conocer las reglas operativas, es decir disponer del ALGORITMO correspondiente a cada operación. (Un algoritmo es el conjunto de reglas mediante las cuales puede realizarse una operación aritmética o algebraica. Conocemos, por ejemplo, el algoritmo de la suma, el algoritmo de la raíz cuadrada, el algoritmo del máximo común divisor, etc.)

Supongamos que deseamos enseñar a un niño a sumar después de haberle enseñado a escribir los números y las tablas pitagóricas de la suma; se trata entonces de darle un conjunto de normas (que, en general, se le da empíricamente) que le permitirán sumar cualquier par de números. Se le dice: si debe sumar  $374+8.975$ , coloque los números en columna vertical de modo que las unidades ocupen una columna, las decenas otra, etc.

$$\begin{array}{r} 374 \\ + 8975 \\ \hline \end{array}$$

y luego sume, utilizando su conocimiento de las tablas pitagóricas de sumar que sabe de memoria, de modo que cuando la suma de los dígitos que aparecen en una misma columna le de por resultado un número de dos cifras escribirá en el resultado el dígito correspondiente a las unidades y el correspondiente a las decenas lo agregará a la suma de la columna siguiente. Se operará de derecha a izquierda. Con estas órdenes, en nuestro caso particular, se opera como sigue:  $4+5$  es 9;  $7+7$  es 14, pongo el 4 y me llevo 1;  $3+9$  es 12 y uno que me llevaba 13, pongo el 3 y me llevo 1; 8 y uno que me llevaba suman 9; el resultado es: 9.349.

Este conjunto de órdenes es el que permite aplicar el ALGORITMO de la suma a una persona que sepa escribir los números en el sistema de numeración posicional de base 10 y conozca las tablas pitagóricas. Naturalmente, poder dar ese algoritmo significa conocer y utilizar las propiedades de la operación suma entre números naturales que son INDEPENDIENTES del sistema de escritura que se adopte y de los mecanismos que se elijan para efectuar el cálculo.

Si en la máquina hemos adoptado un sistema de escritura de los números diferente al sistema posicional de base 10, es lógico que el algoritmo de la suma tendrá una forma también diferente. Para que la máquina pueda operar automáticamente es preciso que le demos el algoritmo correspondiente: eso se hace escribiendo un PROGRAMA que contendrá todas las órdenes que la máquina debe obedecer para poder sumar dos números cualesquiera.

#### COMO SE PRESENTA EL PROGRAMA

Para la máquina de Turing el programa se da en forma de una matriz (cuadro en cuyas columnas verticales figuran las órdenes que la máquina debe obedecer de ACUERDO AL SÍMBOLO QUE SE ENCUENTRE EN EL VISOR y en las líneas horizontales las ORDENES ORDENADAS SEGUN LOS SUCESIVOS PASOS DEL PROCESO) en la cual figuran las órdenes que la máquina debe obedecer para efectuar la operación. En cada lugar de la matriz pueden figurar tres símbolos: el primero corresponde a un símbolo del len-

guaje externo con el cual debe reemplazarse al que se encuentra en el visor, el segundo es un símbolo del lenguaje interno que indica el movimiento que debe realizarse con el cursor y el tercero es el número escrito en sistema decimal que indica la línea horizontal a la cual se debe pasar para recibir las órdenes en el paso siguiente. No es necesario que en todos los casilleros figuren tres símbolos, pueden figurar dos o uno en los casos en que no deba cambiarse el signo que aparece en el visor y/o no resulte necesario cambiar de línea para buscar la orden para el paso siguiente. Puede haber casilleros de la matriz en los cuales no aparezcan órdenes, esos casilleros se llenan con un signo ? y si, en algún paso, se encuentra uno de esos símbolos, ello indica que se ha cometido algún error. Se coloca el símbolo ! en el casillero del programa correspondiente a la finalización de la operación.

Se conviene en comenzar la operación con el visor colocado en el primer ' de la izquierda del segundo sumando.

Vamos a efectuar la operación  $3+4$ . Escribimos estos sumandos de acuerdo a las convenciones establecidas, tal como aparece en la figura. En ella está señalada la posición inicial del cursor que convendremos correspondrá siempre al primer ' del segundo sumando.

Para efectuar la operación de suma deben seguirse ESENCIALMENTE las órdenes contenidas en la siguiente MATRIZ-PROGRAMA:

|   | □    | *    | '    |
|---|------|------|------|
| 1 | R2   | □ R  | R    |
| 2 | A    | R1   | A3   |
| 3 | A4   | A    | A    |
| 4 | A    | □ R7 | □ R5 |
| 5 | R    | R6   | ?    |
| 6 | R2   | ?    | R.   |
| 7 | R    | R8   | ?    |
| 8 | * R9 | ?    | R    |
| 9 | !    | ?    | ?    |

Naturalmente la que da a esta matriz el carácter de un verdadero algoritmo es que ella sirve para sumar dos números CUALESQUIERA (es importante hacer notar que este programa NO ES EL ÚNICO POSIBLE y que pueden idearse otras matrices disponiendo la secuencia de órdenes de otra manera o partiendo de una posición inicial distinta).

#### UN EJEMPLO DE SUMA

Como ejemplo vamos a efectuar efectivamente y paso a paso la suma  $3+4$ , a partir de la posición inicial indicada en la figura y siguiendo las instrucciones de la matriz dada.

Estamos en el primer paso (es decir en la horizontal señalada con el número 1) y frente a un ' ; por consiguiente, de acuerdo con la orden R de la matriz, retrocedemos. Al retroceder encontramos un \* en el visor y como el programa prescribe □ R, borramos el asterisco y retrocedemos. Vemos un blanco en el visor y como en el programa dice R2, retrocedemos y pasamos a la línea 2. Frente al visor hay ahora un \* y como la orden dice R1 retrocedemos y volvemos a la línea 1. En el visor hay ahora un ' ; la orden es R, luego retrocedemos y encontramos otro ' y seguimos retrocediendo mientras aparecen ' en el visor. Cuando aparece un \*, como la orden



...que a mis colegas los artistas. (Escher)

es  $\square R$ , borramos y retrocedemos. Encontramos un blanco, retrocedemos y pasamos a la línea 2. En el visor aparece entonces un blanco y la orden en la línea 2 es A; luego avanzamos. Volvemos a encontrar otro blanco y nuevamente avanzamos. Encontramos un ', avanzamos y pasamos a 3. Estamos frente a un '; seguimos avanzando lo mismo que frente a los ' o \* que seguirán apareciendo. Al encontrar el primer blanco avanzamos y pasamos a la línea 4. Estamos frente a un blanco y, por tanto, avanzamos. Al encontrar un ' tenemos la orden  $\square R5$ , luego borramos el palita ', retrocedemos y pasamos a 5. Estamos frente a un blanco, luego retrocedemos lo mismo que frente a los otros blancos que encontraremos sucesivamente. Al encontrar un \* retrocedemos y pasamos a 6. Estamos frente a un ', retrocedemos y seguimos retrocedemos y seguimos retrocediendo cada vez que encontramos ' hasta que encontremos un blanco. La orden es entonces 'R2, luego escribimos un ', retrocedemos y volvemos a la línea 2. Estamos frente a un blanco, en la línea 2 la orden es A, luego avanzamos. Estamos frente a un ' entonces avanzamos y pasamos a 3. Como encontramos un ' avanzamos y seguimos avanzando mientras encontramos ' o \*. Al encontrar un blanco avanzamos y pasamos a la línea 4. Como encontramos nuevamente un blanco seguimos avanzando hasta encontrar un ', entonces ponemos un blanco (tachamos el '), retrocedemos y seguimos retrocediendo hasta encontrar un \*. Frente al \* retrocedemos y pasamos a 6. Frente al ' retrocedemos y seguimos retrocediendo frente a los ' que aparecen en el visor hasta encontrar un blanco, entonces ponemos un ', retrocedemos y pasamos a 2. Estamos frente a un blanco y de acuerdo con la orden de la línea 2 avanzamos y encontramos un '. Frente al ' avanzamos y pasamos a 3. Estamos frente a un ' y por tanto avanzamos así como frente a todos los ' que van apareciendo y frente a \*. Al encontrar un blanco volvemos a avanzar y pasamos a 4. Estamos frente a un blanco y volvemos a avanzar así como frente a los sucesivos blancos que aparecen. Al encontrar un ' lo borramos (es decir ponemos un blanco), retrocedemos y pasamos a 5. Estamos frente a un blanco, luego retrocedemos así como frente a los sucesivos blancos que van apareciendo. Al encontrar un \* retrocedemos y pasamos a 6. Estamos frente a un ', retrocedemos y seguimos retrocediendo frente a los ' que aparecen en el visor, hasta encontrar un blanco. Frente al blanco la orden es 'R2, luego ponemos un ', retrocedemos y pasamos a 2. Estamos frente a un blanco luego avanzamos. Encontramos un ', avanzamos y pasamos a 3. Estamos frente a un ', avanzamos así como frente a los sucesivos ' que irán apareciendo en el visor. Cuando aparece un \* también avanzamos y al encontrar un blanco avanzamos y pasamos a 4. Frente al blanco que aparecerá en el visor avanzamos y seguimos avanzando frente a los sucesivos blancos hasta que aparezca un '. Borramos ese ', retrocedemos y pasamos a 5. Estamos frente a un blanco, de acuerdo con la orden R, retrocedemos y seguimos retrocediendo frente a los sucesivos blancos que aparecerán en el visor. Al encontrar un + retrocedemos y pasamos a 6. Estamos frente a un ', retrocedemos así como frente a los sucesivos ' que irán apareciendo. Al encontrar un blanco ponemos un ', retrocedemos y pasamos a 2. Estamos frente a un blanco luego avanzamos y estamos frente a un ', entonces avanzamos y pasamos a 3. Estamos frente a un ', avanzamos así como frente a los sucesivos ' que se irán presen-

tando en el visor y también avanzamos al encontrar un \*. Al encontrar un blanco, avanzamos y pasamos a 4. Estamos frente a un blanco, avanzamos así como frente a los sucesivos blancos. Ahora llegamos a encontrar un \* que reemplazamos por un blanco (borrando), luego retrocedemos y pasamos a 7. Estamos frente a un blanco y retrocedemos así como frente a los sucesivos blancos que aparecerán en el visor. Al encontrar un \*, retrocedemos y pasamos a 8. Estamos frente a un ', luego retrocedemos así como frente a los sucesivos ' que aparecerán en el visor. Al encontrar un blanco ponemos un \*, retrocedemos y pasamos a 9. Estamos frente a un blanco y como en la casilla correspondiente de la matriz hay un signo ! eso significa que la operación está terminada. En efecto en la cinta sólo han quedado escritos siete signos, precedidos y seguidos por \*, es decir el número siete de acuerdo a la convención adoptada.

#### UN EJEMPLO DE PRODUCTO

Para multiplicar, suponiendo como ejemplo que la operación a realizar fuera  $3 \times 4$ , la posición inicial sería la misma de la figura con que ilustramos la suma. En la matriz-programa de la multiplicación que damos a continuación figura una columna más que las que aparecían en las matrices de la suma, correspondiente a un nuevo símbolo  $\alpha$ . Como se verá, al realizar efectivamente una multiplicación, este  $\alpha$  aparece en sustitución del signo ' en pasos intermedios del cálculo. La matriz-programa para la multiplicación es la siguiente:

|   | $\square$ | *            | !            | $\alpha$ |
|---|-----------|--------------|--------------|----------|
| 1 | R         | $\square R3$ | $\square R2$ | ?        |
| 2 | ?         | $\square 1$  | R            | ?        |
| 3 | A7        | A            | $\alpha R4$  | !A       |
| 4 | ?         | R5           | R            | ?        |
| 5 | 'R6       | $\square$    | R            | R3       |
| 6 | *         | A            | A            | R3       |
| 7 | A         | $\square 9$  | $\square R8$ | ?        |
| 8 | R         | ?            | $\alpha R4$  | ?        |
| 9 | R         | !            | $\square R$  | ?        |

Es aconsejable efectuar operaciones de acuerdo con los programas dados para comprender mejor el mecanismo operacional. Para hacerlo se puede trabajar con la "cinta" dibujada sobre un papel e indicando a cada paso la posición de un cursor imaginario mediante una flecha, dibujada con lápiz, que señale en cada paso dónde se encuentra el visor y se vaya borrando a medida que el cursor supuestamente se traslada, o bien haciendo una cinta cuadrículada de cartulina sobre la cual puede efectivamente desplazarse un visor del mismo material. También será un ejercicio provechoso confeccionar otros programas similares a los dados. Por ejemplo, preparar una matriz para la suma a partir de la posición inicial del visor en el último ' del segundo sumando o una matriz para la resta que permita restar dos números escribiendo primero el minuendo y luego el sustraendo, etc. Este es un ejercicio lógico que permitirá comprender muy bien el tipo de trabajo que debe realizar un programador cuando prepara el programa de cálculo para una computadora electrónica de cualquier tipo



# OBSERVACIONES SOBRE EL PROGRAMA

El lector que, aceptando nuestra sugerencia, ha realizado la suma y el producto de los números tres y cuatro habrá notado que ha actuado como un autómatas, pues en cada paso se le ha indicado en que fila debía actuar, qué desplazamiento (a la derecha o a la izquierda) debía efectuar, qué signo había que escribir o borrar, sin exigirle ningún razonamiento. Es fácil concebir que un dispositivo mecánico, electromecánico o electrónico, puede hacer exactamente lo que ha hecho el operador obediente. Conviene señalar que una vez especificado el programa, el operador actúa automáticamente, pero también que un programador es una persona que en conocimiento del procedimiento que se debe seguir para hacer un cálculo PRESCRIBE las instrucciones que debe obedecer el mecanismo. El lector puede intentar hacer programas. Por ejemplo multiplicar de otra manera haciendo que en lugar de sumar 4 veces "paquetes" de 3 unidades como se ha hecho en el ejemplo desarrollado haya que sumar 3 veces "paquetes" de 4 unidades. También conviene señalar que no es esencial escribir los números con palitos. Se puede utilizar la notación decimal corriente. Propongamos, como hace el autor B. A. Trajtenbrot, mecanizar el algoritmo que permite pasar del número  $n$  al número  $n+1$ .

El programa siguiente resuelve el problema

| Sigue en el visor | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | □  |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Instrucción       | B1! | B2! | B3! | B4! | B5! | B6! | B7! | B8! | B9! | BOR | 1! |

Así, si deseamos hallar el sucesivo de 3 tendremos, partiendo de 3 escrito en decimal

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|  |  | 3 |  |  |
|--|--|---|--|--|

que, de acuerdo al programa, por estar 3 en el visor hay que borrar (B), escribir 4 y dar por finalizada(!) la operación.

Si se trata del sucesivo de 9

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|  |  | 9 |  |  |
|--|--|---|--|--|

Habrà que borrar el 9, escribir un cero, y retroceder a la casilla anterior, que como es un □ prescribe un 1 y dar por terminado el proceso con el resultado 10.

El sucesivo de 499;

|  |  |   |   |   |  |
|--|--|---|---|---|--|
|  |  | 4 | 9 | 9 |  |
|--|--|---|---|---|--|

Como hay que retroceder dos veces de acuerdo a la instrucción que figura en cada 9, resultará 500

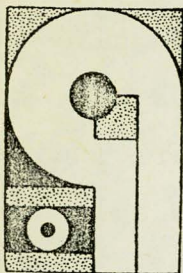
|  |  |   |   |   |  |
|--|--|---|---|---|--|
|  |  | 5 | 0 | 0 |  |
|--|--|---|---|---|--|

El Dr. Manuel Sadosky fue director del Instituto de Cálculo de la Universidad de Buenos Aires desde su fundación en 1961 hasta 1966. Actualmente se desempeña como Secretario de Ciencia y Técnica.

## Bibliografía

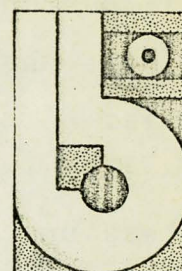
- "Computability and Unsolvability", M. Davis. Mc Graw Hill, New York, 1958.
- "Alan Turing; The enigma", Andrew Hodges. Simon & Schuster, New York, 1983.
- "Computing Systems Fundamentals" J.K. Danhof, L.C. Smith, Addison Wesley, 1981.





# MICROCOMPUTADORAS

por Federico Heinz



Hace no demasiado tiempo (en la primera mitad de la década del '70) salió en una revista estadounidense especializada en electrónica un artículo sobre cómo construir un pequeño sistema de computación. Y cuando decían "pequeño", realmente era eso la que querían decir. Nunca llegué a obtener los datos precisos sobre esta máquina, pero por lo que alcancé a averiguar tenía un procesador rudimentario, 4 Kilobytes de memoria (para los neófitos: entre 4 Kilobytes y nada, la diferencia es muy sutil), se podía conectar a una terminal y no tenía medios de almacenamiento externo (es decir que al apagarla se perdía toda la información, que de todos modos no era demasiada). Para muchos, ese proyecto fue el inicio de la microcomputación.

La única idea innovadora en esta máquina consistía en utilizar un microprocesador para realizar tare

as de propósito general, si podemos llamar "propósito general" a jugar un rato en lenguaje binario para luego perder indefectiblemente lo que se había logrado. Los microprocesadores eran por aquel entonces (parece que estuviera hablando del siglo pasado, y esto pasaba hace no más de diez años) una tecnología relativamente nueva, que se usaba más que nada para controlar artefactos electrónicos que servían a computadoras "de verdad" (en lectoras de cintas, pantallas, etc).

Según la definición más aceptada, un microprocesador es un circuito integrado que es capaz de realizar por sí mismo las operaciones básicas de procesamiento de datos (seguir una secuencia de instrucciones, mover datos y operar con ellos, y alterar la secuencia de acciones de acuerdo con ciertos criterios).



Dadas las cosas de esa manera, parecía bastante sencillo distinguir entre una microcomputadora y cualquier otro aparato de procesamiento de datos: si no servía para nada, era una microcomputadora. Afortunadamente, las cosas han cambiado. Las micros (como se las llama cariñosamente) han evolucionado mucho. La evolución es tal, que se hace difícil hacer una definición exacta de lo que es una microcomputadora. La definición más clásica fue "una máquina de procesamiento de datos de propósito general que utiliza un microprocesador como unidad central de proceso". Esto ya no es válido, porque actualmente hay máquinas muy grandes que utilizan microprocesadores para esos fines. Máquinas que, por sus características, son parecidas a los "monstruos" a los que estamos acostumbrados aunque quepan sobre un escritorio. Para diferenciar actualmente una micro de cualquier otra cosa, el criterio más aceptado (aunque no universalmente) parece ser la cantidad de usuarios (personas) que el sistema puede atender

simultáneamente. Una microcomputadora es un sistema diseñado para atender a SOLO UN USUARIO POR VEZ. Esto implica también, de manera indirecta, la "ecuación de oro de la microcomputación":

1 usuario = 1 procesador

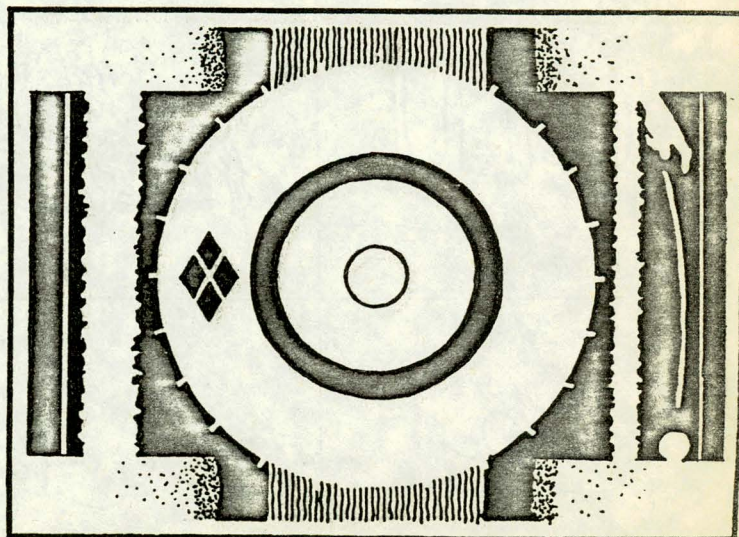
Aunque algebraicamente no tenga demasiado sentido, esta ecuación produce resultados muy interesantes y las consecuencias de tener un procesador (o, más exactamente, una máquina completa) por usuario son muchas. No cabe duda de que las micros son MUCHO más lentas que las grandes máquinas multiusuario (como la de nuestra facultad, por ejemplo), pero es injusto compararlas sin tener en cuenta que en un sistema de microcomputación todos los recursos del sistema están a disposición del usuario. Sin ir más lejos, la computadora de nuestra facultad tarda (si hablamos de tiempo de máquina) apenas unos segundos para compilar un programa. Pero ¿qué me importa a mí el tiempo de máquina, si al fin y al cabo para mí pasaron varios minutos, a veces incluso decenas de minutos?. Una micro ocupa nuestro tiempo exactamente con el tiempo



que le toma ejecutar la tarea que se le asigna, resultando en un tiempo de respuesta a comandos más parejo (y a veces incluso menor) que el de sus hermanas mayores. Además, las micros están creciendo: se hace cada vez más rápidas, tienen mayor capacidad de memoria, se adaptan a redes de comunicaciones locales... hasta el punto de que en varias partes del mundo se está experimentando la posibilidad de que en un futuro muy cercano las "computadoras grandes" sean en realidad una red de microcomputadoras interconectadas entre sí, a un banco de datos común a todas, y en algunos casos a una computadora central para realizar los procesos que deban correr indefectiblemente a muy alta velocidad. Como la mayor parte del procesamiento sería hecho en las micros, esta computadora central no tendría que atender tanto trabajo y su velocidad podría ser realmente apreciada.

En nuestro país, las micros son virtualmente desconocidas. Si bien es cierto que últimamente hubo un pico en las ventas de determinado tipo de ellas, no se las utiliza aún en la medida de sus posibilida-

des. Los programas que se desarrollan para micros en el país siguen la misma filosofía de las máquinas grandes, se las pretende usar principalmente en procesamiento por lotes (BATCH) cuando su verdadero poder debería ser orientado al procesamiento interactivo. Salvo honrosas excepciones NO SE DESARROLLAN PROGRAMAS DE BASE EN EL PAIS, y cuando se lo intenta es una odisea conseguir la información necesaria (es paradójico que justo la ciencia informática tenga problemas con la distribución de información)...y la lista de calamidades sigue. Va siendo hora de que cambiemos nuestro punto de vista un poco. Abandonar la idea de que una computadora sólo es tal si cuesta arriba de 60.000



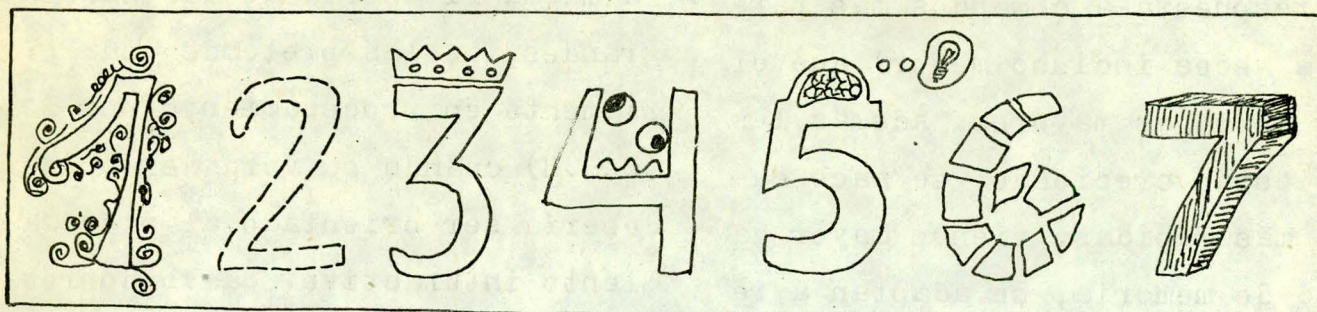
continua en la pag. 61



# LOS NUMEROS

¿Qué significa esta secuencia?

por Silvia Obernayer



## BUS BUS: REBUS

Una propuesta para estudiantes, aficionados, y obviamente para cualquier persona que haya recibido un título en alguna ciencia exacta.

Su manejo no requiere conocimientos matemáticos superiores pero el Repeto del secundario para algunos REBUS no alcanza.

|                                                           |          |          |
|-----------------------------------------------------------|----------|----------|
| <p>1</p> <p>A<br/>ETOTA<br/>ITOTA<br/>OTOTA<br/>UTOTA</p> | <p>2</p> | <p>3</p> |
| <p>4</p> <p>NOGINUF</p>                                   | <p>5</p> | <p>6</p> |
| <p>7</p>                                                  | <p>8</p> | <p>9</p> |



¿Qué le pasa al alma después de la muerte? ¿Como se las arregla?

## Cefalea

### ¿Qué pollo correr?

Un granjero lleva dos pollos por un camino angosto que va de norte a sur, en un descuido se le escapan. El pollo más lento corre hacia el norte, el otro hacia el sur. El granjero que es más rápido que ambos, quiere cazarlos en el mínimo tiempo posible ¿Cuál es la estrategia óptima? .

### Ángulos sólidos

¿Subtienden una pirámide de base cuadrada de área "B" y altura "A", el mismo ángulo sólido que un cono de base de área "B" y altura "A" ? En caso contrario, ¿qué relación hay entre ambos ángulos?

Nos llegó una solución al problema "La Persecuta" (Interacción N°9) de manos de Luis Nale, estudiante de Computación ( y los de Física?). En dicha solución llega a averiguar el máximo tiempo de supervivencia del evasor en el caso que ambos perseguidor y evasor adopten es estrategias óptimas. Estas pueden sintetizarse así: "el perseguidor avanza hacia el centro del círculo a velocidad máxima mientras el evasor permanece quieto, una vez que el perseguidor llega al centro el evasor huye por el arco a máxima velocidad mientras el perseguidor se dirige hacia el evasor por el radio a la máxima velocidad posible, usando una componente de la velocidad para mantenerse en dicho radio". La solución no da una estrategia general para cualquier estrategia no óptima del otro. ¿Es correcta la solución de Luis? ¿Es posible hallar una estrategia óptima del perseguidor para todo movimiento del evasor y viceversa?

Alejandro Thamm, estudiante de Ingeniería propone para el problema "La Moneda (1/3, 1/3, 1/3)" (Interacción N°9) la siguiente idea: "La moneda deberá tener igual momento de inercia respecto del eje que pasa por el centro de la cara circular, que respecto del eje que pasa por la mitad de la superficie lateral." ¿Es correcta esa idea?.

Nos gustaría mucho que los lectores de Interacción nos envíe problemas de su propia creación así como soluciones de los ya publicados.



## INGRESO IRRESTRICTO

por Leonardo Cívale

(sobre una idea de Andrés Saul)

Me bajé del 42 saltando por la tercer ventanilla de la izquierda, unos segundos antes de que frenara. No fui el primero, por supuesto (los que habían venido en el techo ya me llevaban varios metros de ventaja), pero al menos logré adelantarme a la mayoría. Mientras cruzaba corriendo la Figueroa Alcor ta lo vi al gordo. Por lo visto habíamos viajado en el mismo colectivo.

- En la platea alta todavía debe haber lugar, dijo, sin parar de correr. Subí las escaleras de a sólo 3 escalones por vez, para que el gordo pudiera seguirme. Al llegar arriba vimos dos asientos vacíos a poca distancia, y tras algunos codazos estuvimos instalados.

Como faltaban algunos minutos para empezar, me dediqué a mirar alrededor. Anochece. Las luces del estadio se iban encendiendo de a poco. Las plateas estaban repletas, pero en la tribuna que da sobre Udáondo quedaban bastantes lugares vacíos. Un par de ayudantes se dedicaban a probar los parlantes y el tablero luminoso.

Estaba por abrir mi carpeta cuando escuché a mis espaldas una voz de locutora de programa de FM que me preguntó:

- No sabés si ya salió la guía nueva? -

Me di vuelta para responder y me encontré con una terrible rubia de largos y sedosos cabellos estilo propaganda de shampoo Sedal.

- S-s-sí - dije, con mi habitual dominio de esa clase de situaciones -a-a-acá la tengo -

Me agradeció con una sonrisa tipo Coca Cola es la chispa de la vida, y estaba por agregar algo cuando el gordo, con su proverbial sutileza, me retrotrajo a la cruda realidad:

- Largá negro, que llegó el profe. -

Así era, en efecto. Se ubicó en el círculo central y sacó algunos papeles del portafolios. Pidió silencio algunas docenas de

veces, y poco a poco se fueron apagando los últimos murmullos. Y así (eran casi 7 y media) comenzó la teórica.

El tema del día era tiro oblicuo. Comenzó por colocar un sistema de coordenadas  $x-y$ , definir una velocidad inicial  $v_0$ , un ángulo inicial  $\phi$ ...

- Y porqué mide  $\phi$  desde la horizontal y no desde la vertical? - preguntó alguien no muy lejos de nosotros.

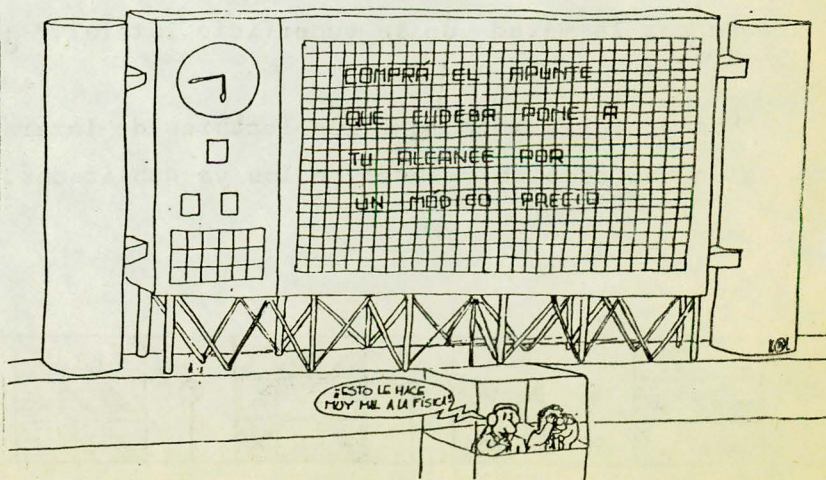
Se escucharon silbidos aislados, desde la parte baja de la tribuna oeste alguien gritó; - No preguntés pavadas, burro! -

- Y vos quién sos, Einstein? - contestó uno de la barra brava. Ahora hubo algunos aplausos, hasta que el profesor logró restablecer la calma. Mirando hacia donde habían hecho la pregunta contestó:

- Vea, es sólo una cuestión de definición, también podría hacerse como usted dice, - y mientras hablaba manipulaba los controles del tablero electrónico, borrando el ángulo  $\phi$  que había dibujado y reemplazándolo por su complementario - se llegaría a expresiones similares, pero en lugar de  $\cos \phi$  diría  $\sin \phi$  y además...

- Callate mentiroso! -

Tras la interrupción hubo un breve silencio, seguido pronto por una confusión de silbidos y aplausos que a su vez fueron seguidos por un duelo de hinchadas que duró varios minutos. El asunto se empezaba a poner espeso. Yo mientras encendí la portatil para saber como iban las otras clases.





- Que está pasando en Velez con la clase de Biología, Sabatarelli? -

- Está suspendida porque hubo invasión de campo, Muñoz. -

- Cuéntenos que pasó, Sabatarelli. -

- La jornada se inició con una teórica sobre batracios que se desarrolló sin mayores incidentes. Como clase práctica estaba previsto que cada alumno disecara un sapo, pero manos anónimas abrieron las jaulas provocando la fuga de los animales, con el consiguiente alboroto. -

- Aproximadamente cuantos sapos son, Sabatarelli? -

- Estimo que unos 53872.4, Muñoz -

- Y que porcentaje del campo cubren? -

- Le diría que un 87.32% -

- Esto le hace mucho mal a la biología, Sabatarelli! -

- Atento Muñoz, un expulsado en Rácing -

- Que ocurre con esa clase de matemática, García Blanco? -

- Un estudiante que pasó a resolver un problema escribió que  $\log(a+b)=\log(a)+\log(b)$ , a lo cual el docente le sacó tarjeta roja de inmediato. Ahora hay un movimiento en la platea baja. No entendemos bien que pasa. Parece que es el delegado del centro de estudiantes. Sí, el delegado se dirige a hablar con el docente. Están discutiendo. Gesticulan ambos. Parece que lo echa. Desde aquí no llegamos a apreciar bien. Sí, confirmado. Tarjeta roja para el delegado estudiantil también, en medio de una ensordecedora silbatina. Esto le hace mucho mal a la matemática, Muñoz! -

Mientras tanto, en nuestra clase renació a la calma. Planteadas ya las ecuaciones de movimiento, el profesor intentaba ahora encontrar una expresión general para la máxima altura que alcanza el proyectil, para lo cual comenzó por igualar a cero la expresión de la componente z de la velocidad en función del tiempo. Explicó entonces que bastaba resolver esa sencilla ecuación lineal en t, para saber en que instante detenía el proyectil su marcha ascendente.

- Unidos de este dato - se explayó a continuación - sólo nos resta especializar la expresión de z en función de t en ese valor particular para obtener así el resultado buscado. -

Simple. Elegante. Contundente. Mi espíritu se regocijaba ante tan profunda muestra de la Armonía Cósmica. El profesor, dueño otra vez de la situación, manipulaba con soltura los controles del tablero electrónico, sumando un término allá, restando otro acá, cuando, sin que nada lo hiciera suponer, sobrevino la catástrofe. Porque allí estaba el resultado, que esparcía su luminosa y cruel verdad ante nuestros incrédulos ojos: El tiempo que tardaba en detenerse el proyectil era negativo!

Y no sólo eso, lo que era infinitamente peor:  $v_z$  aumentaba indefinidamente a medida que el proyectil se elevaba!

Un silencio cargado de incertidumbre se derramó sobre el estadio. Yo no me atreví a moverme, temiendo que ahora que tan terrible secreto me había sido revelado, el más leve movimiento pudiera lanzarme a las alturas infinitas, con una  $v_z$  eternamente creciente y sin posibilidad de cambiar de signo nunca jamás.\*

Pero si había asombro en nuestros rostros, el del profesor era la imagen misma de la desesperación. Revisaba febrilmente sus apuntes en busca de una explicación a tan extraño fenómeno, y sus papeles empezaban ya a desparramarse bajo el cielo nocturno, cuando uno de sus adjuntos se le acercó y le hizo algún comentario, señalando al tablero. El profesor se abalanzó sobre el micrófono y exclamó:

- ¡Hay un error de signo! g es negativo! -

Los acontecimientos comenzaron entonces a precipitarse. El abucheo se fue extendiendo por todo el estadio, ganando en intensidad mientras por radio se escuchaba la voz paternal de Muñoz recomendando:

- Por favor muchachos, así no! -

La barra brava entonaba el tradicional "...que se vaya que se vaaaaya..." y de las tribunas altas comenzaron a arrojar lápices, biromes, cuadernos, calculadoras, masas  $m_1$ ,

\* Al parecer el autor desconoce las modificaciones que introduciría en su razonamiento la Teoría Especial de la Relatividad, en particular en lo que concierne a la existencia de una velocidad límite. (N del R.)



péndulos de longitud  $l$ , sacacorchos para definir ternas derechas, masas  $m_2 \gg m_1$ , resortes de constante  $k$ , planos inclinados sin rozamiento, masas  $m_2 \gg m_1$ , planos inclinados con rozamiento, bolas de billar para choques elásticos, y demás objetos que todo buen estudiante de física lleva siempre consigo.

Como dato experimental cabe destacar que todos estos objetos se comportaron de acuerdo con la hipótesis de que  $g < 0$ , y tras alcanzar una altura máxima comenzaron a descender en las inmediaciones del profesor, quien dirigiéndose velozmente al túnel dió por terminada la clase, por falta de garantías. Por radio Rivadavia, la sabia voz de Muñoz sentenciaba:

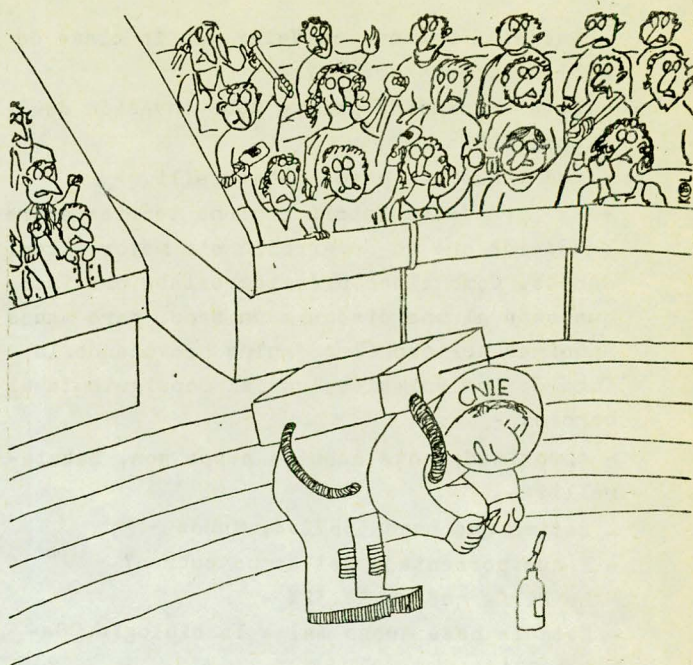
- Esto le hace mucho mal a la física! -

Para unos minutos después estaba programado el comienzo de la clase práctica. En el intervalo se hicieron tratativas tendientes a lograr que se retiraran los proyectiles esparcidos sobre el césped, pero resultaron infructuosas, dado que el personal de Apuba mantenía un paro por tiempo indeterminado en reclamo de mejoras salariales, desde hacía 9 años y medio.\*

Se iniciaron entonces los preparativos para la práctica. Del túnel surgió un investigador de la CNIE<sup>#</sup>, vestido de astronauta, quien se dirigió hacia el arco del lado sur. Al llegar al punto de ejecución del penal se detuvo, y extrajo de la mochila media docena de cañitas voladoras, una caja de fósforos y una botella de diet 7up de 1 litro, que colocó sobre el césped. Luego introdujo en ella la primera cañita, y mientras la acomodaba cuidadosamente nos explicó que la experiencia que estaba a punto de realizar nos serviría para observar en forma concreta los resultados que acabábamos de ver en la teórica.

\* Para una información más detallada respecto de los reclamos salariales de Apuba, véase "yo fui un no docente", por el Dr. Ricardo Maiztegui, Phys. Rev. B. 47, 221 (1997). (N. del R.)

<sup>#</sup> Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales



Un tanto desconcertado lo miré al gordo, que me explicó entonces que en una época se criticaba duramente la poca importancia que se le daba a la enseñanza de la física experimental y que por ese motivo se habían tomado tantos recaudos para revertir la situación.

El astronauta decía que las condiciones iniciales habían sido fijadas de manera tal que la cañita cayera exactamente sobre la marca del centro de la cancha. El silencio era expectante. Las luces del estadio se atenuaron para permitir una mejor visión de la trayectoria balística. La cañita fue por fin disparada y, mostrando un profundo desconocimiento de las más elementales leyes de la mecánica, se desvió hacia la derecha y fue a caer en la platea baja del lado de la Figueroa Alcorta.

Era obvio que esta gente no estaba en su mejor día. En medio de una creciente desconfianza estudiantil, el astronauta comentó algo respecto a inevitables pequeños errores experimentales, mientras acomodaba una segunda cañita. Esta vez tuvo menos suerte. El artefacto fue a caer en medio de la barra brava, provocando un principio de incendio en un cartel que decía "no a los sistemas no inerciales". El hecho (seguramente fortuito), fue erróneamente interpretado como una agresión directa, dando lugar a encendidos estríbillos del estilo de "lo vamo'a reventar, lo vamo'a reventar..." y otros absolutamente irreproducibles.



El astronauta se defendía gritando cosas relacionadas con variables aleatorias, desviaciones standard y otras incongruencias por el estilo. Comenzaron a aparecer nuevamente los objetos en trayectoria balística cuyo punto de impacto estimado era precisamente la escafandra del supuesto agresor. Si bien los errores aleatorios seguían existiendo, la ley de los grandes números predecía en este caso una alta probabilidad de impacto directo. Sin embargo, a diferencia del que dictó la teórica, este docente decidió enfrentar heroicamente la situación recurriendo a su arma más terrible. Tecleando los controles del tablero luminoso hizo aparecer en él la palabra odiada y temida por cientos de miles de estudiantes: "Parcialito".

El pánico se apoderó de las filas estudiantiles. Gritos de desesperación, sollozos y lamentos llenaron la noche. De inmediato se tomaron los recaudos del caso: Grupos de ayudantes de segunda patrullaban las tribunas bajas, 3 helicópteros daban vueltas sobre el estadio controlando las tribunas altas. Finalmente repartieron los temas. La forma de saber cual le tocaba a uno era sencilla: a las 2 últimas cifras del DNI debían sumárseles las 3 primeras de la LU, dividirlo por la cantidad de letras del apellido y restarle la temperatura ambiente. Con eso se aseguraba una razonable dosis de azar respecto de cual de los 150 temas le tocaba a cada uno, y hacía bastante pequeña la probabilidad de que a 2 personas adyacentes les correspondiera el mismo. A mí me tocó el tema 93, que por suerte era bastante fácil. Vi de reojo que el gordo tenía el 38. Pero vaya uno a saber si por puro azar, o por inescrutables designios de ocultos poderes extraterrenales, ocurrió lo altamente improbable: La rubia de atrás tenía el mismo tema que yo.\* Eso lo supe cuando me dijo en voz baja:

\* La probabilidad  $P$  de tal suceso se calcula así: si  $M$  es el número de alumnos,  $N$  el número de temas y  $Z$  el número de alumnos adyacentes a uno dado,  $P$  es igual al combinatorio de  $M$  tomados de  $N$ , multiplicados por  $M^Z$ , divididos por  $N!$  y.... bah, no se, pero seguro que es bastante chica. (N. del R.)

- Tenemos el mismo tema, dejame ver el problema 2 -

Me incliné estratégicamente en el asiento para que pudiera mirar, aprovechando los momentos en que ningún helicóptero andaba cerca. Por fin terminó el parcialito, y con él las actividades del día. Eran las 23:10. Fuimos abandonando las tribunas y a medida que nos metíamos en las bocas de salida tirábamos los parcialitos en las urnas ubicadas a tal fin. Mientras bajábamos, me acerqué a la rubia y le pregunté:

- Y, como te fue? -

Me volvió a sonreír, esta vez estilo "Jockey, la pura verdad" y me contestó:

- Bien, gracias a tu ayuda -

Juntando todo el heroísmo que la situación requería, decidí jugarle entero.

- Entonces sería una buena ocasión para que tomáramos un café, para festejar -

- Es una buena idea, aunque...a vos no se te hace tarde? vivís muy lejos? -

- No, para nada - expliqué - de acá tomo el 42 hasta Barrancas, después el 118 hasta Once y de ahí el tren hasta Merlo. Antes de las 2 estoy en casa. -

A todo esto habíamos llegado a la calle. Observé que la cola para el 42 medía ya unos 70 metros. Nos paramos a charlar mientras el gordo siguió de largo como si nada, y se quedó mirando desde lejos. (Es un troesma el gordo!)

- Y vos - pregunté yo - estás apurada? por donde vivís? -

- Vivo en San Isidro, y en realidad prefiero hacer un poco de tiempo hasta que el camino se descongestione, a menos, claro, que alguien fuera justo para ese lado y me llevara.

Hay tipos que tienen la maldita habilidad de estar en el lugar indicado en el momento indicado.\* El susodicho pasaba, escuchó la última frase y dijo:

\*Tipos cuya trayectoria en el espacio tetradimensional de Minkowsky contiene el punto  $(x,y,z,ct)$  de coordenadas adecuadas. (M del R.)



- Que coincidencia, yo voy para allá en mi moto, te llevo? -

Lo miré con más odio que John Wayne a un apache. Alto, con rulitos tipo Camel, bronceado tipo Copacabana, botas estilo esquiador, campera inflable modelo antártico, anteojos espejados y casco de Fórmula 1. Señaló la moto. Era una Kawasaki 3000, con 12 cilindros, 3 carburadores, llantas de magnesio, equipo de audio cuadrofónico con antena parabólica, piloto automático, aire acondicionado y cenicero.

Ella me miró con cara de circunstancia y me dijo;

- Ya que este chico tan amable se ofrece a llevarme, me da no se que rechazar la gentileza. Vos no te enojás, no? Podemos vernos otro día. -

- No hay problema - dije, conteniendo mis impulsos asesinos - Chau -

Empecé a caminar hacia la parada del colectivo, y en seguida se me acercó el gordo. La cola medía ya unos 120 metros.

- Esto va a ser medio plomo - dijo - aunque en realidad no habría que quejarse. Al menos ahora todos tenemos las mismas oportunidades-

- Eso - contesté, no del todo convencido.

El gordo dijo algo más, pero no pude oírlo. Su voz fue tapada por el estampido que produjo la Kawasaki al romper la barrera del sonido.



#### ANGELES EN UN ALFILER

Hace un tiempo recibí una llamada de un colega, que me preguntó si aceptaría el papel de arbitro en la calificación de un examen de Física. Este estaba a punto de ponerle un cero a un estudiante por su respuesta a una pregunta, mientras el estudiante reclamaba la nota óptima. Así debería haber sido, si el sistema no estuviese en contra de él. Ambos, instructor y estudiante estuvieron de acuerdo en nombrar un arbitro imparcial, y fui seleccionado.

En la oficina de mi colega leí la pregunta del examen: "Muestre cómo es posible determinar la altura de un edificio con la ayuda de un barómetro". El estudiante respondió: "Lleve el barómetro arriba del edificio, átelo en el extremo de una soga larga, haga descender el barómetro hasta que llegue al suelo, súbalo y mida el largo de la soga, esta longitud es la altura del edificio".

Comenté que el estudiante tenía poderosas razones para que diésemos total crédito a su reclamo, ya que había respondido la pregunta en forma completa y correctamente, por otro lado, si daba crédito al reclamo contribuiría a que el estudiante alcanzara una alta graduación en el curso de Física. Una alta graduación supone que debe certificar competencia en Física, pero la respuesta no confirmaba esto.

Sugerí que el estudiante podría hacer un nuevo intento de responder la pregunta. No me sorprendió que mi colega accediera, pero si me sorprendió que el estudiante estuviera de acuerdo.

Le dí al estudiante seis minutos para responder la pregunta, con la advertencia de que la respuesta debía mostrar cierto conocimiento de Física. Al final de los cinco minutos no había escrito nada. Le pregunté si se rendía, pero dijo que no. Tenía muchas respuestas para el problema y estaba pensando la mejor. Le pedí disculpas por haberlo interrumpido y le rogué que continuara. En el siguiente minuto escribió



su respuesta que decía así: "Llevar el barómetro arriba del edificio. Dejar caer el barómetro, tomando el tiempo de la caída. Usando luego la fórmula  $S = (1/2)at^2$ , calcular la altura del edificio". A esta altura, le pregunté a mi colega si se resignaba a aprobarlo, y éste accedió.

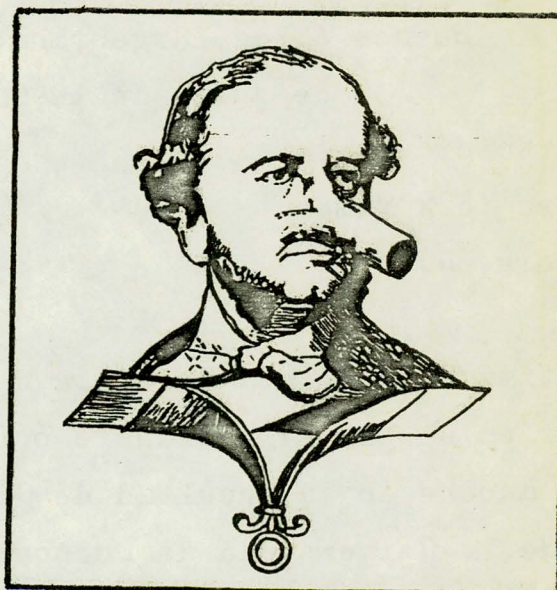
Al dejar la oficina de mi colega recordé que el estudiante había dicho que tenía otras soluciones al problema; así que le pregunté cuáles eran. "Ah, sí" -me dijo el estudiante- "Hay muchas formas de averiguar la altura de un edificio con la ayuda de un barómetro. Por ejemplo en un día de sol mida la longitud del barómetro, la longitud de su sombra y la longitud de la sombra del edificio y por una simple proporción podrá determinar la altura del edificio". "Bien" -dije- "¿y las otras?". "Bueno;" -contestó el estudiante- "hay un método básico de medición que le gustará: lleva el barómetro y comienza a subir por la escalera. Mientras sube va marcando la medida del barómetro en la pared. Finalmente, cuenta el número de marcas y esto le da la altura del edificio en barómetros de altura; un método muy directo. Por supuesto si desea un método más sofisticado puede atar el barómetro a una cuerda, hacerlo oscilar como un péndulo, y determinar el valor de "g" en la calle y arriba del edificio. La diferencia de ambos valores de "g" nos sirve para calcular la altura del edificio. Finalmente," -concluyó- "hay muchas más formas de resolver el problema, probablemente la mejor" -dijo- "es ir a ver al portero, golpear la puerta con el barómetro y cuando el portero conteste decirle: "Señor portero, acá tengo un lindo barómetro, si me dice la altura del edificio, se lo regalo."

A esta altura, le pregunté al estudiante si realmente no sabía la respuesta convencional del problema. Admitió que sí, pero dijo que estaba harto de la enseñanza superior y de los profesores que trataban de enseñarle cómo pensar, cómo usar el "método científico" y cómo explorar la lógica profunda del sujeto, en for-

ma pedante, como sucede frecuentemente en matemática moderna, en vez de enseñarle la estructura del sujeto. Con esto en mente, decidió revivir el escolasticismo como un divertimento académico para desafiar a las estupidezantes aulas del mundo.

Cuento extraído de "The Teaching of Elementary Science and Mathematics" de Alexander Calandra.

Traducción: Pablo Coll



viene de la pag. 54

dólares y ocupa una habitación completa, mirar un poquito hacia abajo y prestar un poco de atención a estos bichos raros. Porque cuando queramos darnos cuenta pueden haberse constituido en parte fundamental de cualquier sistema de computación. Y no podemos darnos el lujo de tratar de aprender de nuevo todo de golpe.

Federico Heinz



# Para recordar...

"LA NOCHE DE LOS BASTONES LARGOS",  
SEGUN UN PROFESOR NORTEAMERICANO

Carta del profesor Warren Ambrose al editor del "The New York Times"

Buenos Aires, Argentina

30 de julio de 1966

Al Director de  
The New York Times  
New York, N.Y.

Estimados señores: Quisiera describirles un brutal incidente ocurrido anoche en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Buenos Aires y pedir que los lectores interesados envíen telegramas de protesta al presidente Onganía.

Ayer el gobierno emitió una ley suprimiendo la autonomía de la Universidad de Buenos Aires y colocándolo (por primera vez) bajo la jurisdicción del Ministerio de Educación. El gobierno disolvió los Consejos Superiores y Directivos de las universidades y decidió que de ahora en adelante la universidad estaría controlada por los decanos

y el rector, que funcionaría a las órdenes del Ministerio de Educación. A los decanos y al rector se les dieron 48 horas de plazo para aceptar esto. Pero los decanos y el rector emitieron una declaración en la cual se negaban a aceptar la supresión de la autonomía universitaria.

Anoche a las 22, el Decano de la Facultad de Ciencias, Dr. Rolando García (un meteorólogo de fama internacional que ha sido profesor de la Universidad de California en Los Angeles), convocó a una reunión del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias (compuesto de profesores, graduados y estudiantes, con mayoría de profesores) e invitó a algunos otros profesores (entre los que me incluyo) a asistir al mismo. El objetivo de la reunión era informar a los presentes sobre la decisión tomada por el rector y los decanos, y proponer una ratificación de la misma. Dicha ratificación fue aprobada por 14 votos a favor, con una abstención (proveniente de un representante estudiantil).



Luego de la votación, hubo un rumor de que la policía se dirigía hacia la Facultad de Ciencias con el propósito de entrar, que en breve plazo resultó cierto. La policía llegó y sin ninguna formalidad exigió la evacuación total del edificio, anunciando que entrarían por la fuerza al cabo de 20 minutos (las puertas de la Facultad habían sido cerradas como símbolo de resistencia). En el interior del edificio, la gente (entre quienes me encontraba) permaneció inmóvil, a la expectativa. Había alrededor de 300, de los cuales 20 eran profesores y el resto estudiantes y docentes auxiliares. (Es común allí que a esa hora de la noche haya mucha gente en la Facultad porque hay clases nocturnas, pero creo que la mayoría se quedó para expresar su solidaridad con la universidad).

Entonces entró la policía. Me han dicho que tuvieron que forzar las puertas, pero lo primero que escuché fueron bombas, que resultaron ser de gases lacrimógenos. Luego llegaron soldados que nos ordenaron, a gritos, pasar a una de las aulas grandes, donde se nos hizo per-

manecer de pie, con los brazos en alto, contra una pared. El procedimiento para que hiciéramos eso fue gritarnos y pegarnos con palos. Los golpes se distribuían al azar y yo vi golpear intencionalmente a una mujer (todo esto sin ninguna provocación). Estoy prácticamente seguro que ninguno de nosotros ofreció resistencia, y todo el mundo (entre quienes me incluyo) estaba asustado y no tenía la menor intención de resistir. Estábamos todos de pie contra la pared -rodeados por soldados con pistolas, todos gritando brutalmente (evidentemente estimulados por lo que estaban haciendo -se diría que estaban emocionalmente preparados para ejercer violencia sobre nosotros-). Luego, a los alaridos, nos agarraron a uno por uno y nos empujaron hacia la salida del edificio. Pero nos hicieron pasar por una doble fila de soldados, colocados a una distancia de diez pies entre sí, que nos pegaban con palos, o culatas de rifles, y que nos pateaban rudamente en cualquier parte del cuerpo que pudieran alcanzar. Nos mantuvieron



incluso a suficiente distancia uno de otro de modo que cada soldado pudiera golpear a cada uno de nosotros. Debo agregar que los soldados pegaron tan duramente como les era posible y yo (como todos los demás) fui golpeado en la cabeza, en el cuerpo, y en donde pudieran alcanzarme. Esta humillación fue sufrida por todos nosotros -mujeres, profesores distinguidos, el decano y el vicedecano de la facultad, auxiliares docentes y estudiantes-. Hoy tengo el cuerpo dolorido por los golpes recibidos pero otros, menos afortunados que yo, han sido seriamente lastimados. El profesor Carlos Varsavsky, director del nuevo radio-observatorio de La Plata, recibió serias heridas en la cabeza; un ex secretario de la Facultad de 70 años de edad fue gravemente lastimado, como asimismo Félix González Bonorino, el geólogo más eminente del país.

Después de esto, fuimos llevados a la comisaría seccional en camiones, donde nos retuvieron un cierto tiempo, después del cual los profesores fueron dejados en libertad, sin ninguna explicación. Según mi conoci-

miento, los estudiantes siguen presos. A mí me pusieron en libertad alrededor de las tres de la mañana, de manera que estuve con la policía alrededor de 4 horas.

No tengo conocimiento de que se haya ofrecido ninguna explicación por este comportamiento. Parece simplemente reflejar el odio del actual gobierno por los universitarios, odio para mí incomprensible, ya que a mi juicio constituyen un magnífico grupo que ha tratado de construir una atmósfera universitaria similar a la de las universidades norteamericanas. Esta conducta del gobierno, a mi juicio, va a retrasar seriamente el desarrollo del país, por muchas razones, entre las que se cuenta el hecho de que muchos de los mejores profesores se van a ir del país.

Atentamente

Warren Ambrose

(Profesor de Matemática en el Massachusetts Instituto of Technology y en la Universidad de Bs.As.)







