



la diaria

* **álef**: primera letra del alfabeto hebreo. En matemática se usa para representar los distintos órdenes de infinitos.

MONTEVIDEO URUGUAY · MARTES 27 DE DICIEMBRE DE 2011 · Nº 10

... y moverán el mundo

El programa Estímulo a la Cultura Científica y Tecnológica (Pro Ciencia), impulsado por el Codicen durante 2011, favoreció la cooperación entre distintas instituciones del sistema educativo público para acercar entre sí el mundo de la investigación y el mundo de la enseñanza, y consiguió que personas de distintas procedencias y formaciones trabajaran juntas y se enriquecieran mutuamente.



La física de Sheldon (y la de Leslie)

Cuerdas frente a gravedad cuántica de bucles

La popular comedia de situaciones *The Big Bang Theory*, cuyos personajes protagónicos son científicos más bien inadaptados a la vida social, es el escenario de un conflicto que atraviesa efectivamente el campo de la física teórica. Desde principios del siglo pasado dos teorías fundamentales, la mecánica cuántica y la teoría general de la relatividad, ofrecen descripciones parciales del mundo físico. Una teoría que las integre es necesaria, entre otras cosas, para dar cuenta de lo que ocurrió en el universo en los primeros instantes después de su nacimiento. Pero no existe una teoría consensuada de esas características, sino varias alternativas en conflicto. En una de ellas destaca notablemente por sus aportes el físico uruguayo Rodolfo Gambini.

EL PROGRAMA GIRA en torno a cinco personajes principales. Por una parte, los físicos Leonard Hofstadter y Sheldon Cooper, que son compañeros de trabajo en el Instituto Tecnológico de California (CalTech) y compañeros de apartamento. Por otra, la camarera rubia y aspirante a actriz que vive en el apartamento de enfrente, Penny, de quien Leonard está perdidamente enamorado. Por último, el ingeniero de la NASA Howard Wolowitz y el astrofísico del CalTech Rajesh Koothrappali, los amigos más cercanos de Leonard y Sheldon.

Buena parte de las situaciones de comedia gira en torno a la incapacidad de los cuatro varones protagonistas para relacionarse con las mujeres y con el resto del mundo en general. Sin embargo, algunos de los conflictos que se presentan en la serie tienen su fundamento en tensiones que atraviesan efectivamente al campo de la física.

Sheldon Cooper es un físico teórico que trabaja en el marco de la teoría de cuerdas, la corriente más numerosa dentro de la física teórica contemporánea. Su Némesis es Leslie Winkle, una física que trabaja en la más importante de las teorías rivales: gravedad cuántica de bucles. A esta última teoría han hecho contribuciones varios físicos uruguayos, entre los que se destaca notablemente Rodolfo Gambini.

De hecho, el argumento que Leslie esgrime frente a Sheldon en uno de los capítulos de la serie (y que se recoge en el recuadro adjunto) para justificar el carácter empíricamente comprobable de la gravedad cuántica de bucles, frente a la implícita vacuidad de la teoría de cuerdas, se sigue de los cálculos que Gambini y su colega argentino Jorge Pullin presentaron en un artículo ("Non standard optics from quantum spacetime") del año 1999.

Tanto una como otra teoría tienen sentido en el marco de un problema específico: el problema de la gravedad cuántica.

El problema

Hace poco menos de un siglo los físicos alcanzaron la descripción vigente del mundo macroscópico (proporcionada por la teoría general de la relatividad) y algo así como el marco teórico general para una descripción del mundo microscópico (proporcionado por las ecuaciones de la mecánica cuántica).

Hacia mediados del siglo pasado se podía pensar que la física se encaminaba, de forma muy natural, hacia una gran teoría unificada que daría cuenta de ambos órdenes de la realidad. Sin embargo, los intentos por alcanzar una teoría de tales características no han podido superar, todavía hoy, la barrera que significa la enorme divergencia teórica (de presupuestos y de enfoque) que existe entre la teoría de la relatividad general y la mecánica cuántica. Un problema adicional es que no hay una interpretación no problemática del significado de las

ecuaciones de esta última. Esto es, para decirlo de un modo algo tosco, que no hay un acuerdo acerca de qué es aquello de lo que hablan esas ecuaciones. Por ello es que, unas pocas líneas más arriba, se usó un giro algo artificial para evitar decir que la mecánica cuántica provee una descripción del mundo.

La física cuántica tiene dos características sobresalientes. La primera es que describe un mundo discreto, es decir, un mundo que da saltos. Como las piezas de un juego que saltan de una casilla a otra del tablero, los objetos microscópicos pasan de un estado a otro consecutivo sin que tenga sentido preguntarse qué hay en medio. La segunda es que describe un mundo de potencialidades, es decir, un mundo de hechos posibles, que permanecen en ese estado de mera posibilidad hasta que el sistema es forzado a definirse: a volcarse hacia una de ellas. La mecánica cuántica no explica, en principio, cómo pasan los sistemas físicos microscópicos de las meras potencialidades a los hechos observados. Éste, precisamente, es uno de los problemas de interpretación mencionados en el párrafo anterior. Se han dado distintas respuestas a este problema, pero ellas no vienen al caso ahora.

La mecánica cuántica predice con éxito las propiedades y el comportamiento de los objetos del mundo microscópico: los átomos, las partículas elementales y las fuerzas que los unen. Ninguna teoría física ha tenido más éxito, a pesar de los misterios (o supuestos misterios) que encierra. En ella se fundamentan toda la química y la física atómica y subatómica, así como también la electrónica y muchos desarrollos tecnológicos modernos.

En los mismos decenios en que se construyó la mecánica cuántica, Albert Einstein formuló su teoría general de la relatividad, que es una teoría de los fenómenos macroscópicos y, en particular, una teoría de los campos gravitatorios. La fuerza gravitatoria se explica, en el marco de esa teoría, como una consecuencia de que la materia curve el espacio y el tiempo (que juntos forman una unidad: el "espacio-tiempo"). Existe una analogía bien conocida que permite hacer más intuitivo este fenómeno. Es aquella que propone imaginar el espacio como una lámina de goma sobre la que se depositan bolas, unas más pesadas que otras. Las bolas hunden la goma, es decir, deforman el espacio. Las más pesadas provocan un hundimiento mayor, una mayor deformación del espacio. Eventualmente, el hundimiento de la goma hace que las más livianas se acerquen a las más pesadas. De manera similar, cualquier pedazo de materia o cualquier concentración de energía distorsiona la geometría del espacio, provocando así

que otras partículas y rayos de luz se desvíen hacia ellos. A ese fenómeno lo llamamos gravedad.

En el mundo que describe la mecánica clásica es imposible imaginar algo parecido. Según otra elocuente analogía, en ese mundo las partículas materiales se mueven en el espacio y en el tiempo como los actores en una representación teatral se mueven en un escenario. El espacio y el tiempo, en ese mundo, son el escenario inerte en que se desarrolla la obra, no una parte activa de la representación. La física relativista, en cambio, toma al espacio y al tiempo como fenómenos físicos que interactúan con los demás fenómenos físicos y están sujetos a relaciones, interacciones y transformaciones.

La teoría general de la relatividad predice con éxito las propiedades y el comportamiento de los objetos del mundo macroscópico: objetos muy masivos como las estrellas o los agujeros negros, pero también objetos de la vida cotidiana e incluso otros más pequeños. Esta teoría, sin embargo, no describe el mundo microscópico, del mismo modo que la mecánica cuántica tampoco describe el mundo macroscópico.

Como se dijo más arriba, hubo una época en que pudo pensarse que la física se encaminaba hacia una gran teoría unificada que daría cuenta de ambos órdenes de la realidad. Aunque los intentos por alcanzar una teoría de tales características no han prosperado, ella resulta necesaria.

En efecto, aunque la atracción gravitatoria puede pensarse como un fenómeno del orden de lo puramente macroscópico (porque involucra objetos muy masivos), no deja de ser cierto que el universo entero estuvo concentrado, hace unos 15 mil millones de años y durante escasos instantes, en un espacio microscópico. ¿Qué tratamiento teórico se le debe dar, entonces, a aquello que es a la vez tan pequeño como para responder a las leyes de la mecánica cuántica y tan masivo como para responder a las leyes de la teoría general de la relatividad?

Ésta es la pregunta para la que buscan respuesta las distintas teorías de la gravedad cuántica.

Dos enfoques alternativos

Los diversos experimentos han ratificado tanto la mecánica cuántica como la teoría general de la relatividad de Einstein, pero a cada una en forma independiente. Ningún experimento ha explorado jamás un evento físico para el que ambas teorías pronosticarán a la vez efectos significativos. El problema, como se ha visto, es que los efectos cuánticos operan a distancias pequeñas, mientras que los efectos que predice la teoría general de la relatividad requieren grandes masas. Se necesitan circunstancias extraordinarias para combinar ambas condiciones; circunstancias que con la tecnología actual son imposibles de reproducir en un laboratorio. Los intentos por formular una teoría de la gravedad cuántica han sido hasta ahora, pues, puramente teóricos, valga la redundancia.

A la ausencia de datos experimentales se añade otro problema, que también se ha mencionado: la enorme divergencia teórica (de presupuestos y de enfoque) que existe entre ambas teorías.

Hacia fines de los años setenta muchos físicos (la mayoría, de hecho) se convencieron de que la mecánica cuántica y la



Suplemento de cultura científica

Redactor responsable:

Marcelo Pereira

Edición:

Aníbal Corti

Colaboradores en este número:

Antonio Brochado

Amanda Muñoz

Corrección:

Ana Lía Fortunato

Edición gráfica:

Sandro Pereyra

Diagramación:

Florencia Lista

Ilustraciones:

Ramiro Alonso



Sheldon (dirigiéndose a Leonard): —Graciosamente pasaré por alto el hecho de que [Leslie] es una científica arrogante y desaventajada, que piensa que la gravedad cuántica de bucles une mejor la mecánica cuántica con la relatividad general que la teoría de cuerdas. [...]

Leslie: —Espera un segundo. La gravedad cuántica de bucles claramente ofrece predicciones más comprobables que la teoría de cuerdas.

Sheldon: —Estoy escuchando, diviértete.

Leslie: —Bien, por una parte, esperamos que el espacio-tiempo cuantizado se manifieste a través de pequeñas diferencias en la velocidad de la luz para diferentes colores.

Sheldon: —Tonterías. Es evidente que la materia consiste en pequeñas cuerditas.

THE BIG BANG THEORY, segundo capítulo de la segunda temporada (2008)



Fotograma tomado de www.jimparsons.net.

teoría general de la relatividad simplemente no podían combinarse: se convencieron de que ambas debían ser literalmente falsas, aun cuando existiera una tercera teoría que contemplara a ambas como casos especiales. En consecuencia, parecía que se necesitaba algo totalmente nuevo; una teoría que ofreciera una imagen radicalmente distinta de la naturaleza, con nuevos postulados e incluso nuevas entidades físicas, hasta ahora desconocidas. Aquello radicalmente nuevo que contuviera esta teoría (fuere esto lo que fuere) debería permanecer oculto en todos los experimentos, excepto en las circunstancias extraordinarias en que se espera que ambas teorías pronostiquen efectos significativos al mismo tiempo.

El enfoque más difundido en esta línea es la teoría de cuerdas. Establece que el espacio tiene seis o siete dimensiones -hasta ahora ninguna observada-, aparte de las tres que nos son familiares. También predice la existencia de nuevas partículas elementales y fuerzas, de las que hasta ahora no hay evidencia.

La teoría de cuerdas surgió a partir de un modelo planteado a fines de los años sesenta para describir el mundo de las partículas nucleares (protones y neutrones) y sus interacciones. Aunque ese modelo fracasó respecto del fin para el que había sido propuesto originalmente, reviviría más tarde en el empeño por combinar las dos teorías fundamentales. La idea básica es que las partículas elementales no son puntos, sino objetos unidimensionales infinitamente delgados: las cuerdas. La gran diversidad de las partículas elementales, cada una con sus propiedades características, refleja los muchos modos posibles de vibración de una cuerda -como si fuera una cuerda de violín en miniatura, excepto que las vibraciones se propagan por ella a la velocidad de la luz-.

Las cuerdas cuánticas, como se dijo más arriba, exigen la existencia de dimensiones extra del espacio, además

de las tres usuales. Una cuerda clásica de violín vibrará con independencia de cuáles sean las propiedades del espacio y el tiempo. Una cuerda cuántica es más exigente. Las ecuaciones que describen la vibración se vuelven incoherentes a menos que el espacio contenga seis dimensiones extra.

La teoría de la gravedad cuántica de bucles, por su parte, busca conjugar realmente la mecánica cuántica y la teoría general de la relatividad; es decir, busca evitar el mecanismo que siguieron los teóricos de cuerdas al formular una teoría que ofrece una imagen completamente nueva de la naturaleza.

Los cálculos de esta teoría indican que el espacio y el tiempo están formados por elementos discretos: por piezas o por átomos (en el sentido griego de "indivisibles"). ¿Qué consecuencias tiene el hecho de que el espacio y el tiempo no sean continuos? Si la geometría del espacio fuera continua, una región muy pequeña podría tener cualquier tamaño y la medición darnos cualquier número real positivo; en particular, uno tan cercano a cero como se quisiera. Pero si la geometría es granular, la medición sólo podrá pertenecer a un conjunto de números discreto y no resultará en ningún caso menor que un determinado valor mínimo. Con la energía de los electrones que orbitan en torno a un núcleo atómico ocurre algo parecido. La mecánica clásica predice que puede ser cualquiera, pero la mecánica cuántica sólo permite determinados valores; los intermedios no son posibles. Lo mismo ocurre con el espacio y el tiempo en la teoría de la gravedad cuántica de bucles.

Los átomos de espacio y de tiempo forman una malla densa que se encuentra en incesante cambio. A grandes distancias, esta dinámica da lugar a la evolución del universo conforme a las predicciones de la teoría general de la relatividad. En condiciones normales no es posible apreciar la existencia de esos átomos espaciotemporales: la malla es tan densa que

se parece a un continuo. Pero cuando el espacio y el tiempo están abarrotados de energía, como ocurrió en la gran explosión originaria, su estructura fina es un factor que no puede ser despreciado y las predicciones de la teoría de la gravedad cuántica de bucles difieren de las que formula la teoría general de la relatividad.

Una posible comprobación, que no fue

En principio, la teoría de la gravedad cuántica de bucles está sometida a las mismas restricciones de comprobación experimental de cualquier otra teoría de la gravedad cuántica.

Existen, sin embargo, varios trabajos, en una línea que comenzaron el físico italiano Giovanni Amelino-Camelia y sus colaboradores, que predicen consecuencias observables de esa teoría. Estos efectos observables tienen que ver con la dispersión de las partículas lumínicas (los fotones) debido al carácter granuloso (a la geometría discreta) que la teoría asigna al espacio y al tiempo. Cuando la luz se mueve a través de un medio, su longitud de onda sufre algunas distorsiones, que conducen a que parezca, por ejemplo, que un palo se dobla en el agua o a que se separen las distintas longitudes de onda (los colores). La idea es que efectos análogos también tienen lugar cuando la luz y las demás partículas atraviesan el espacio discreto que la teoría describe.

Los efectos que se predicen son muy pequeños, pero se acumulan cuando la luz recorre una larga distancia. Y en efecto llegan hasta nosotros luz y partículas emitidas a miles de millones de años luz de distancia; por ejemplo, la radiación de las erupciones de rayos gamma: destellos asociados con explosiones extremadamente energéticas en galaxias distantes; los eventos electromagnéticos más luminosos que ocurren en el universo. Al recorrer distancias verdaderamente enormes, los efectos cuánticos sobre la luz proveniente de estas fuentes se

amplifican y pueden ser medibles. Trabajos posteriores desarrollados por Gambini y Pullin obtuvieron resultados similares, aunque partían de un formalismo diferente.

Como se dijo, el argumento que esgrime Leslie Winkle frente a Sheldon se sigue de los cálculos que Gambini y Pullin presentaron en un artículo del año 1999. Cuando el artículo se publicó, y también cuando ese capítulo de la serie salió al aire, la predicción no había sido sometida a contrastación empírica, debido a la ausencia de recursos tecnológicos para hacer tal cosa. Sin embargo, poco tiempo después, el observatorio espacial Fermi, un telescopio diseñado especialmente para estudiar las fuentes de rayos gamma del universo que fue puesto en órbita en 2008, arrojó datos que no son consistentes con los cálculos que se habían hecho previamente.

Varias decenas de científicos del observatorio Fermi firmaron un artículo ("A limit on the variation of the speed of light arising from quantum gravity effects") publicado en *Nature* en noviembre de 2009 donde se afirma: "Nuestros resultados desfavorecen aquellas teorías de la gravedad cuántica en que la naturaleza cuántica del espacio-tiempo en una escala muy pequeña altera en forma lineal la velocidad de la luz".

Por supuesto, todos estos cálculos se hacen bajo ciertas hipótesis y supuestos auxiliares que son revisables, lo que hace que la inconsistencia entre los datos experimentales y los cálculos teóricos previos no impacte directamente sobre la verdad de la teoría, sino más bien sobre la plausibilidad de algunas de esas hipótesis o de algunos de los supuestos a que se recurrió para hacerlos.

En cualquier caso, si las mediciones hubieran arrojado resultados consistentes con los cálculos, es seguro que Sheldon Cooper se hubiera puesto muy nervioso. ■



Presentación del programa Pro Ciencia de ANEP, en el Instituto de Profesores Artigas (IPA).
/ FOTO: NICOLÁS CELAYA

Tendiendo puentes

Programa “Estímulo a la Cultura Científica y Tecnológica” (Pro Ciencia)

ES UNO DE LOS PROYECTOS creados por el Codicen en el marco del presupuesto quinquenal vigente de la ANEP que son transversales a los distintos niveles educativos (además de Pro Ciencia y del polémico Pro Mejora, existen también Pro Arte, Pro Lee y Pro Razona). Se basa en un convenio entre la ANEP y el Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (Pediciba) de la Universidad de la República (Udelar) y el Ministerio de Educación y Cultura (MEC). Tiene dos grandes objetivos: por una parte, contribuir a estimular los procesos de comprensión, apropiación y actividad creativa en el campo de la ciencia y la tecnología, y, por otra, contribuir a enriquecer las posibilidades de formación permanente de los docentes de todo el sistema educativo.

La comisión coordinadora del programa comenzó a funcionar en abril de 2011. Al inicio trabajó internamente, y tuvo lugar un período de discusión e intercambio entre integrantes de las diferentes instituciones. Los distintos representantes destacan el buen nivel de relacionamiento y el buen ámbito de trabajo, pese a que muchos no se conocían y tenían formaciones disímiles. Ése parece ser un logro extra del proyecto: haber establecido conexiones entre instituciones que tenían pocos espacios de trabajo en conjunto.

Durante los primeros meses el equipo convino criterios generales de trabajo. Enrique Lessa, coordinador académico de Pro Ciencia, resumió los principales: “Tratar de favorecer la cooperación entre instituciones, intentar acercar el mundo de la investigación y el mundo de la enseñanza, tratar de que personas de distintas procedencias o formaciones trabajen juntas, y realizar convocatorias mediante llamados públicos abiertos”.

Pro Ciencia, también abreviado “Pro CyT”, es un proyecto impulsado por el Consejo Directivo Central (Codicen) de la Administración Nacional de Educación Pública (ANEP), que reunió a docentes e investigadores de distintas instituciones con la finalidad de acercar entre sí el mundo de la producción de conocimiento y el mundo de la enseñanza. Se puso en marcha en 2011 y el balance realizado por los involucrados es altamente positivo. En 2012 el programa correrá con viento a favor, por tener ciertos caminos transitados, pero deberá consolidar y expandir lo iniciado para que, a partir de 2013, algunas de sus líneas de trabajo sean absorbidas por los distintos consejos desconcentrados de la ANEP.

El grupo inició un relevamiento de programas y actividades que se venían desarrollando en los distintos consejos de la ANEP, lo que significó una tarea importante que todavía no ha concluido, puesto que existen múltiples iniciativas que no están incluidas en ningún programa específico.

Pro Ciencia tiene financiamiento por dos años. En 2011 se impulsaron varias actividades; el año que viene continuarán implementándose acciones y se evaluará la posible incorporación de algunas de ellas a los consejos de educación de la ANEP: Inicial y Primaria (CEIP), Secundaria (CES), Técnico Profesional (CETP, ex UTU) y Formación en Educación (CFE).

Menú variado

La comisión se planteó nueve líneas de trabajo. Una de las más destacadas apuntó a la formación de docentes de educación primaria a través de distintos talleres (ver siguiente apartado). También se relanzó el sistema de pasantías de investigación para docentes “Acortando distancias”, que se viene implementando desde 1999 con apoyo de Unesco, Pediciba y la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII). En esta reedición participan Pediciba, ANEP, ANII, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)

y el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (Latu). Se hicieron dos llamados, uno a investigadores y otro a profesores de educación media y estudiantes de formación docente. Entre estos últimos se seleccionarán 60 para cursar, en febrero, pasantías en laboratorios de las áreas vinculadas al Pediciba: matemática, física, química, biología, informática y geociencias. Por otra parte, se apoyó económicamente a 15 estudiantes de formación docente que colaboraron con distintas actividades de la comisión (ver nota adjunta).

Además, se formó un grupo que trabaja, aún en forma interna, en la coordinación de contenidos de matemática con disciplinas científicas a nivel de educación media. Los integrantes de ese equipo fueron seleccionados luego de una convocatoria abierta y hay profesores de física, matemática, biología y química. Lessa resumió que el grupo “está trabajando en una comparación de programas y planes de estudio, detectando oportunidades de intercambio” entre distintas disciplinas.

Además de esas iniciativas, la comisión apoyó económicamente emprendimientos que ya se desarrollaban en la órbita de ANEP, como las olimpiadas de astronomía, física, química y matemática, y premió a los mejores proyectos de clubes de ciencia que participaron en la feria nacional. Al mencionar estos ejemplos, José Seoane, presidente del Codicen, resaltó la contribución que el programa hace a distintas “acciones valiosas que se venían realizando en el sistema educativo” y enfatizó que no hay “nada más alejado del espíritu del programa que pretensiones fundacionalistas”. El jerarca confirmó que se piensa seguir colaborando con los clubes de ciencia y las olimpiadas científicas estudiantiles, y que la acción se emprende desde una “perspectiva cooperativa y solidaria”. Mencionó, a modo de ejemplo, que “en el caso de la premiación a coordinadores de clubes de ciencia que han logrado un nivel destacado, se compromete a los premiados a cooperar con clubes de ciencia que presentan un desarrollo más incipiente”. De manera similar, Lessa comentó que, como en otras áreas, la comisión confía en que se produzca un “sistema de contagio” de las buenas prácticas.

La difusión es un aspecto central para este equipo de trabajo y para ello desarrollaron dos acciones concretas. Se creó un sitio web, www.anep.edu.uy/prociencia, y el miércoles 14 de diciembre se concretó una jornada de exposición e intercambio en el Instituto de Profesores Artigas (IPA), en que se mostraron las distintas actividades que se han llevado a cabo.

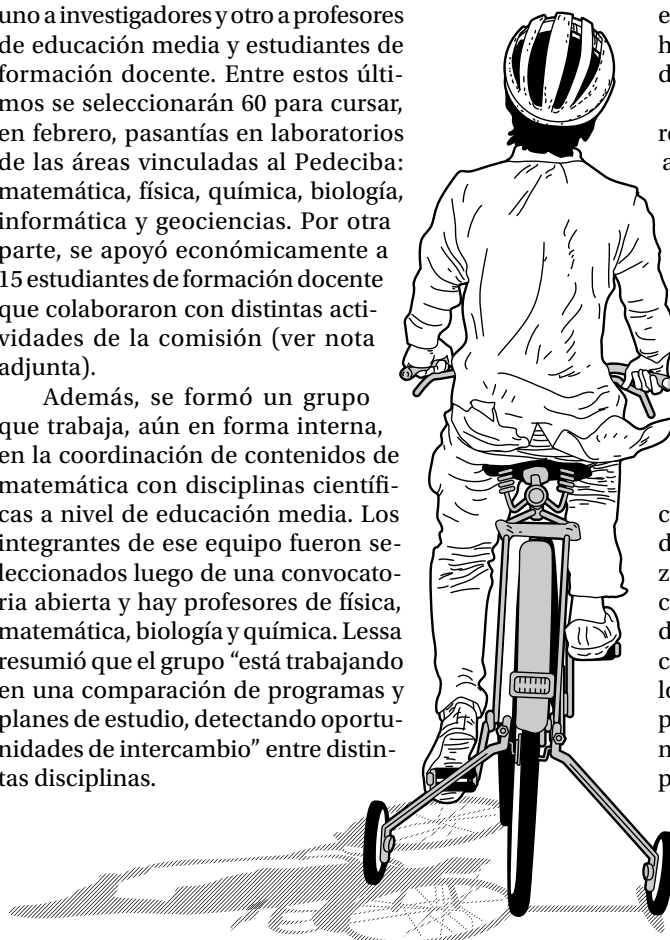
Para multiplicar

Los talleres de formación y actualización para maestros fueron dictados por equipos de investigación del Pediciba. La comisión elaboró dos llamados, uno para investigadores que los dictaran y otro para los maestros que quisieran cursarlos. Los talleres se desarrollaron en octubre, durante tres días seguidos. A partir de entonces comenzó una etapa de producción de material de apoyo para otros maestros, puesto que “una de las ideas es que todos los trabajos terminen en un producto que sea reutilizable, que no termine en la experiencia de las personas sino que haya un producto que se pueda difundir”, explicó Lessa.

Las bases establecían que los talleres podían abordar uno o varios de los aspectos que hacen a los ejes temáticos “seres vivos”, “materia” y “energía” (contenidos en el programa de Educación Primaria) ampliamente entendidos, desde disciplinas como biología, física, química, geología y astronomía, entre otras. En total se dictaron cuatro talleres y en cada uno participó un promedio de 20 docentes.

“Ecosistemas terrestres en Uruguay: su valoración a partir del conocimiento” estuvo a cargo de Claudia Rodríguez y fue realizado en dos zonas de Montevideo. Trabajó conceptos generales de ecología, como diversidad vegetal y animal, interacciones y flujo de materia y energía en los ecosistemas terrestres de nuestro país. Se apuntó a la divulgación del conocimiento científico generado en el país y la región, así como al desarrollo de pequeñas investigaciones de los maestros.

Otro taller, “El desarrollo del pez ceiba, de la fertilización a individuo independiente”, a



cargo del investigador Daniel Rodríguez-Ithurralde, se llevó a cabo en el Laboratorio de Neurociencia Molecular del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE). El folleto elaborado para divulgación expresa: “El estudio del desarrollo embrionario de vertebrados nos ofrece importantes indicios de cómo se va generando la organización anatómica y funcional del ser adulto. Muchas veces nos permite, además, explicar cómo se producen algunas enfermedades o malformaciones”. Se indica que el pez cebra fue elegido porque “sus embriones son transparentes y se desarrollan fuera del cuerpo de la madre, permitiendo seguir en el estereomicroscopio las transformaciones morfológicas y funcionales que ocurren en su cuerpo desde el primer minuto postfecundación”.

“Composición de la materia: de los átomos a las sustancias y materiales”, otro de los talleres, en este caso a cargo de Gianella Facchin, fue realizado en Rocha. Apuntó a la comprensión de cómo se componen las diferentes sustancias y cómo reaccionan en términos moleculares o atómicos, a la vez que buscó relacionar contenidos de la química con conocimientos matemáticos. Se realizaron experimentos basados en diferentes reacciones químicas, se construyeron modelos de moléculas y se buscaron vías alternativas para el análisis de temas químicos en educación primaria.

Finalmente, el cuarto taller, “La materia se transforma”, estuvo a cargo de la docente Julia Torres. Se desarrolló en Florida y acudieron maestros de ese departamento y de Montevideo. “Las transformaciones de la materia desde el punto de vista químico, si bien no son objeto de enseñanza en sí mismos a nivel escolar, permitirán a los maestros abordar la complejidad de los contenidos disciplinares incluidos en el programa con una firme base conceptual”, anunciaba el resumen presentado al llamado.

Soledad Machado, estudiante de la Facultad de Química, colaboró en el dictado del taller y transmitió el afianzamiento que fueron logrando las maestras: “El primer día había miedo, un cierto pánico al laboratorio, pensaban que nos íbamos a prender fuego; en cambio, el último día ya venían con tremendas ganas, le perdieron el miedo. Ahora la química es una herramienta más que pueden usar en el aula para explicar no sólo ciencia sino historia; por ejemplo, para dar historia de la pintura: pueden hablar de pintores de la antigüedad que tenían que producir su materia prima con químicos, porque no había a dónde ir a comprarla”, contó.

Pruebas colectivas

Otra de las líneas de trabajo que implementó la comisión de Pro Ciencia fue la realización de actividades científicas experimentales en escuelas, con la finalidad de incentivar y enriquecer la iniciación científica y tecnológica de los niños. Para ello se convocó a equipos integrados por investigadores y docentes de instituciones nacionales. Los ejes temáticos eran los mismos que en el caso de los talleres, con la diferencia de que los experimentos esta vez debían ser llevados a las aulas. También en este caso, luego de la concreción de las actividades, los equipos produjeron materiales para su difusión, como páginas web, portales educativos, ediciones impresas, videos, entre otros, de modo

¿Por qué un programa específico?

“El objetivo del programa es fomentar, a través de formas variadas e innovadoras, el gusto por la ciencia y la tecnología en niños y jóvenes. Muchas veces el fortalecimiento del vínculo con la vida educativa comienza por la atracción y la curiosidad que despiertan en el estudiante temas más o menos específicos. [...] La idea de este programa es, a partir de la alianza de educadores e investigadores, abrir posibilidades atrayentes y educativamente válidas para aproximarse a la ciencia como actividad viva”, explicó Seoane. “A veces nos aproximamos a la ciencia como a una colección de resultados; su carácter como obra en perpetua construcción no aparece entonces en primer plano. Este carácter de labor a realizar posee

enorme potencialidad en términos motivacionales y hacerlo visible es parte de las ideas iniciales de este programa”, agregó.

Lessa consideró que “los resultados en la enseñanza en general y en la enseñanza media en particular no son buenos. Las disciplinas científicas, en el sentido clásico de las ciencias naturales y la matemática, son las que tienen peores condiciones y peores resultados en general dentro de un panorama que ya es problemático y, además, es en las que hay menos recursos humanos. En el porcentaje de docentes de enseñanza media con algún tipo de título, el más bajo está en matemática, seguido por física y química y por biología. Es una situación particularmente problemática”.

Por otra parte, el programa apunta a acercar instituciones. Seoane enfatizó: “Desde nuestro punto de vista, es la cooperación entre las instituciones (no la competencia) la clave de la necesaria renovación educativa”.

Lessa también remarcó esa fortaleza del programa: “Combinar y sumar los recursos humanos que existen es la única táctica posible. Con la situación que tiene la enseñanza y en particular la enseñanza de las ciencias dentro del panorama general de la enseñanza pública, no podemos darnos el lujo de perder gente u oportunidades de cooperación por no cruzar un borde institucional; es una necesidad, simplemente. Si no aprovechamos los recursos de calidad y dispuestos a colaborar estén donde estén, estamos en el horno”. ■

que las experiencias puedan ser replicadas por otros docentes.

De 22 proyectos que se presentaron, la comisión seleccionó 11. “Podimos ser exigentes porque había realmente muchas propuestas muy válidas”, comentó Lessa. Agregó que algunas de las que no fueron seleccionadas “eran formuladas en forma muy difusa, muy general”. “Tratamos de buscar cosas que fueran un diferencial. Naturalmente, no se puede esperar que las actividades desde el punto de vista científico sean nuevas, pero sí que tengan un interés y que, con el trabajo del caso, se puedan redondear en algo que sea atractivo, interesante, científicamente sólido y relevante para que merezca ser adoptado por maestros de todo el país”, sostuvo.

Las actividades reunieron a 44 integrantes de equipos, a 120 maestros, procedentes de 11 escuelas, y a alrededor de 1.000 niños. Los proyectos seleccionados fueron “Buscadores de aromas”, “Experimento para producir material plástico biodegradable (polihidroxialcanoatos) a partir de bacterias endófitas de plantas de rabanito” (ver nota adjunta), “¿Podemos mejorar el suelo de nuestra huerta?”, “Hongos:

una oportunidad para desarrollar competencias científicas en la escuela”, “Eppur se muove. Fuerzas a distancia en el aula”, “Trabajando en la escuela con radiación, energía y color”, “¿Nos metemos en el agua?”, “Materia y energía: actividades experimentales escolares con materiales a bajo costo”; “La química te alimenta”, “Monitoreo ciudadano de la calidad del agua” y “Materiales: impartiendo ciencia y tecnología desde una perspectiva holística”.

La comisión ofreció a algunos equipos la colaboración de investigadores voluntarios “para enriquecer, no era para mejorar un proyecto que no era bueno”, dijo Lessa. “Vimos que [en algunos proyectos] un investigador podía dar una mano, opiniones, sugerencias o materiales, y funcionó muy bien en prácticamente todos los casos”, explicó.

Estas actividades se desarrollaron en escuelas de Montevideo, Rocha, Salto, Pando, San José, Florida, respetando el criterio de equidad geográfica priorizado por la comisión. A la jornada del miércoles 14 concurren alumnos de la escuela 258 del barrio Peñarol, de Montevideo, que participaron en la ac-

tividad experimental “¿Podemos mejorar el suelo de nuestra huerta?”, a partir de la que midieron los beneficios que reporta para el crecimiento de las plantas la producción de compost a partir de materia orgánica. Ese centro escolar participa del Programa de Huertas en Centros Educativos de Facultad de Agronomía de la Udelar, ANEP y la Intendencia de Montevideo.

Valoraciones

Raquel Casartelli, representante del CEIP en la comisión de Pro Ciencia, valoró que los proyectos iniciados este año “son apenas un granito de arena, pero es una forma de iniciar el trabajo. Fue muy rico para todo el mundo. Fue llamativo ver cómo personas que se dedican exclusivamente a la investigación llegaron a la escuela y ver los aprendizajes que obtuvieron a partir de niños y maestros. La idea de la comisión es que el aprendizaje sea para todos los que participan en los proyectos”.

Algo similar opinó Silvia Umpiérrez, referente del CFE en la comisión, quien detalló el cuidado que se tuvo al seleccionar los laboratorios e investigadores que dictarían las pasantías, puesto que para éstos la instancia también es

Presentación del programa Pro Ciencia de ANEP, en el Instituto de Profesores Artigas (IPA). / FOTO: NICOLÁS CELAYA



formativa: “No sólo aprende el pasante, sino que para el investigador es importante tener contacto con docentes con buena experiencia. Los pasantes también hacen sus aportes, no sólo va a ser iluminado el docente por el investigador: es un enriquecimiento mutuo”.

Todos los integrantes de la comisión se mostraron satisfechos por el ritmo de trabajo alcanzado y por los logros generados, aun cuando insumió tiempo establecer las bases y realizar las convocatorias para cada actividad. Los involucrados reconocieron algunas fallas en la difusión de los llamados y convocatorias, puesto que debieron manejarse con tiempos acotados, y muchos interesados no llegaron a inscribirse, como en el caso de los talleres y actividades experimentales.

La exposición del miércoles 14 fue una confirmación del éxito de las acciones impulsadas. Lessa consideró que fue una muestra “de que hay gente que hace buenas cosas, de que con pequeños estímulos las va a hacer igual o mejor y de que con mayor visibilidad las va a poder contagiar a otros”. “De hecho, manejamos la energía del contagio como idea general de lo que queremos producir. Más que sentarnos a producir cosas, estamos tratando de reconocer, validar y estimular cosas buenas que ya existen, darles un poco de orientación y permitir que tengan un impacto más allá del recinto en el cual se han estado haciendo”, afirmó.

Lessa resaltó la importancia que tiene “la cooperación entre instituciones, pero sobre todo entre actores de distintas instituciones y de distinta procedencia, y el hecho de permitir que los investigadores trabajen con los do-

COMISIÓN COORDINADORA DE PRO CIENCIA

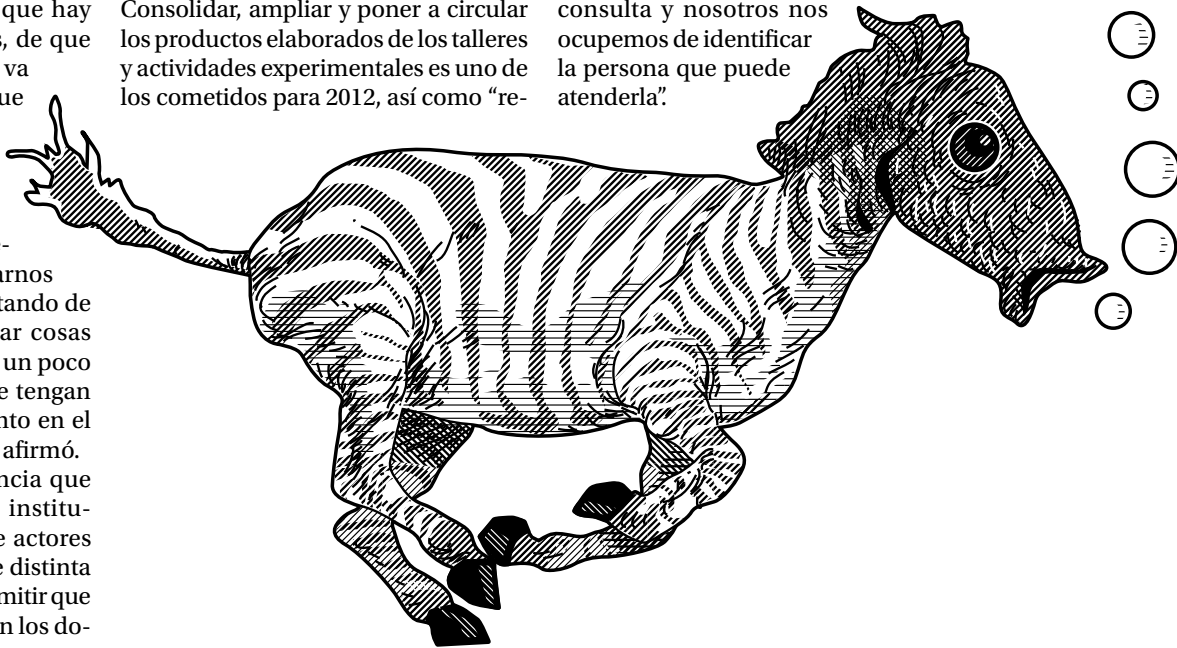
Coordinadores académicos: Enrique Lessa y María Torre (director y subdirectora de Pedeciba)
 Coordinadores de gestión: Fernando Peláez y Graciela Scavone
 Representantes del CEIP: Raquel Casartelli y Virginia Tort
 Representantes del CES: Cristina Rebollo y Mónica Franco
 Representantes del CETP: Julio Amy y Pablo Meyer
 Representantes del CFE: Silvia Umpiérrez e Iván Vasilev
 Representante del Codicen: Irene Taño

centes [...] en función de objetivos comunes”. Seoane, a su vez, destacó que la construcción de estos espacios de diálogo entre el mundo de la producción del conocimiento y el mundo de la enseñanza “supone una posibilidad cierta de enriquecimiento para el desarrollo de ambas actividades”.

Desafíos

Consolidar, ampliar y poner a circular los productos elaborados de los talleres y actividades experimentales es uno de los cometidos para 2012, así como “re-

petir algunas experiencias para ampliar el espectro de posibilidades y consolidar algunos de los productos que permitan a su vez la difusión y la apropiación”, puntualizó Lessa. También implementar “una especie de sistema de respuestas a consultas: si un docente de cualquier parte del país quiere armar un práctico y tiene alguna dificultad, incluso teórica, que pueda enviarnos una consulta y nosotros nos ocupemos de identificar la persona que puede atenderla”.



El coordinador académico consideró que un aspecto pendiente es salirse “de una definición un poco restrictiva de ciencias, de las ciencias exactas y naturales” y ampliarse a otras áreas; también articular con otros proyectos transversales implementados por Codicen. Por otra parte, se aspira a crear algo específico que incluya las tecnologías como tema, “que esté presente como algo explícito y no solamente a través de su presencia implícita”, dijo Lessa.

Mónica Franco, representante del CES en la comisión de Pro Ciencia, comentó que deberán evaluar si se reeditan actividades realizadas en 2011 y si se podrá enfocar alguna acción concreta con alumnos de secundaria y de educación técnica. Por su parte, Julio Amy, representante del CETP, confió que la etapa a desarrollarse en 2012 “va a ser más fructífera, porque todos los problemas iniciales de puesta en funcionamiento ya están superados; ahora es tirar ideas, elaborarlas y ponerlas en práctica”. Valoró que “los dos aspectos clave son apuntar hacia los estudiantes de todos los niveles y poder fortalecer el trabajo en general en la enseñanza media que no ha tenido este año un proyecto puntual”. Amy sintetizó una idea que también expresaron otros involucrados: “Hay que ver hasta qué grado de extensión se puede llegar. La parte cualitativa ha sido buena; queda tomar líneas que no se han desarrollado y ver qué repercusión puede tener desde el punto de vista cuantitativo, y que aquel que participó de una actividad la replique y trasmita a su comunidad educativa. Se apuesta a eso”. ■

Amanda Muñoz

Redondo

Producción de plástico biodegradable a partir de bacterias asociadas a plantas de rabanito

MÁS DE 200 NIÑOS de la Escuela Austria de Montevideo, ubicada cerca del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE), participaron en una actividad experimental propuesta por un equipo de investigación liderado por Paul Gill, norteamericano radicado en nuestro país desde 1993 que trabaja en la Unidad de Microbiología Molecular del IIBCE.

Escolares de segundo, cuarto y sexto año experimentaron la producción de polihidroxicanoatos (PHAS), que son “compuestos químicos fabricados por algunas especies de bacterias como forma de reserva de energía”, sintetiza el folleto que resume la actividad. La propuesta abarcó cuatro jornadas; las tres primeras transcurrieron en la escuela, y la última, en el laboratorio de Microbiología Molecular. El primer día se esterilizó la superficie de semillas de rabanito y se colocaron en placas de Peri con agua y agar para que germinaran; la segunda jornada, cuando la planta comenzó a germinar, se le incorporaron las bacterias (*Herbaspirillum seropedicae*), y el tercer día se transfirieron las asociaciones planta-bacteria a una cámara hidropónica (se prefirió ese medio a la tierra para que las raíces estuvieran más limpias y no se contaminaran con otras bacterias). La cámara no se abrió durante 15 días y la siguiente jornada de trabajo con los

niños se realizó en el Clemente Estable. Allí, los investigadores cosecharon las bacterias, las aislaron y estimaron la cantidad de PHA producido, y mostraron a los niños las diferentes etapas y materiales de laboratorio.

Jerónimo Tucci, estudiante de tercer año de biología del Instituto de Profesores Artigas (IPA), fue uno de los 15 alumnos de Formación Docente seleccionados por la comisión de Pro Ciencia para colaborar con las actividades y se integró al equipo de trabajo liderado por Gill. Resumió así la última etapa del proceso de obtención del plástico biodegradable: “Se cortan las raíces de la planta y se rompen, se ponen en una centrifugadora, donde se separan las bacterias de los restos de las raíces, se le pone una solución de hipoclorito de sodio y se pasan a una estufa, a una temperatura de 37 grados Celsius durante dos horas. Una vez que se destruyeron las bacterias, las centrifugamos nuevamente para separar los PHAS de los restos de las bacterias que puedan quedar, luego se precipita esa solución con nitrógeno líquido y se obtiene el plástico biodegradable”. Los escolares observaron las bacterias viviendo en las raíces de las plantas a través de un microscopio de fluorescencia, conocieron la centrifugadora y las estufas y vieron, finalmente, el plástico terminado.

“Para los niños, ésta fue una experiencia muy enriquecedora, ya que pudieron entrar en contacto con temas que están en pleno proceso de investigación científica, además de la oportunidad de trabajar con materiales de laboratorio que tradicionalmente no se utilizan hasta alcanzar el nivel universitario”, sintetizó el folleto.

Una de las principales justificaciones para indagar en estos procedimientos es el perjuicio ambiental que provocan los plásticos sintéticos fabricados a partir de compuestos químicos derivados del petróleo, dado que demoran mucho tiempo en degradarse, mientras que los biodegradables se transforman en algunas semanas. En el experimento realizado, “las bacterias productoras de PHAS habitan en el interior de la planta, se alimentan a partir de productos de la fotosíntesis, generando el producto deseado sin la necesidad de fuetes de alimentación externas”, por eso se habla de “producción biotecnológica de PHAS”. El problema es que, por ahora, es muy caro producirlo y se necesitan nuevas estrategias tecnológicas que permitan disminuir los costos para llegar a una producción masiva.

Gill valoró la experiencia como “muy disfrutable” porque está acostumbrado a enseñar a estudiantes avanzados: “Es muy diferente, porque

era un nivel muy básico, pero los niños aprenden muy rápido”. Agregó que “los estudiantes grandes son más serios”, y que le resultó muy divertido y refrescante trabajar con niños. Por otra parte, ponderó positivamente el hecho de trabajar con “maestros muy profesionales” y con directores entusiasmados. Gill opinó que “es una pena que esto no se haga con más frecuencia, es una actividad que debería difundirse más, tendría que haber más gente involucrada. Acerca a la gente en Uruguay a tener más actividades científicas, porque los niños van a sus casas y les cuentan a sus padres sobre las cosas que han hecho y eso es muy positivo”.

Tucci también hizo comentarios muy favorables: “Recién ahora pasé a cuarto, por lo tanto, no había tenido materias de genética ni de microbiología. Estudiar esta temática era un desafío y más todavía entenderla para explicarla a alumnos de primaria. Aprendí mucho y con el equipo me sentí muy cómodo, me recibieron en forma excelente”. Respecto a Pro Ciencia indicó: “Lo que más me gusta del programa es que logra la integración entre primaria y secundaria. A veces parece que está todo muy separado, los maestros por un lado y los docentes por otro, y todos nos quejamos. Esto ayuda a trabajar en conjunto”. ■

Táctica y estrategia

Reflexiones en el quinto aniversario del Instituto Pasteur de Montevideo

Hace cinco años, el viernes 8 de diciembre de 2006, con la presencia del entonces presidente de la República, Tabaré Vázquez, y autoridades universitarias, del gobierno francés y del Instituto Pasteur de París, se inauguró oficialmente el Instituto Pasteur de Montevideo (IPMon), institución que de hecho se encontraba formalmente instalada desde 2004, pero carecía de sede física. La celebración del quinto aniversario de ese acontecimiento, el pasado martes 6 de diciembre, fue una ocasión propicia para que el ministro de Educación y Cultura, Ricardo Ehrlich, él mismo un actor protagónico de esta historia, reflexionara sobre las enseñanzas que deja la exitosa estrategia que se llevó adelante para conseguir ese fin.

DESDE SU FUNDACIÓN, el IPMon se ha consolidado como una institución científica de rango internacional. Ha logrado proveer al país de una plataforma biotecnológica de primer nivel y de un centro de excelencia para el desarrollo de la investigación biomédica con alcance regional. Permitió la inserción y formación de numerosos jóvenes científicos, muchos de los cuales, seguramente, hubieran considerado la posibilidad de abandonar el país en otras circunstancias. Por otra parte, permitió el retorno de 15 científicos uruguayos altamente formados que se encontraban residiendo en el extranjero. Desarrolló también diversas y fecundas formas de intercambio con la región y con el mundo.

En su discurso del pasado martes 6, el presidente del Consejo de Administración y ex director ejecutivo del IPMon, Guillermo Dighiero, recordó el proceso que llevó a la fundación del instituto y dijo que se trató de un esfuerzo de cooperación internacional ejemplar.

Un poco de historia

Un lejano antecedente de la instalación del IPMon data del año 1984, cuando la dictadura uruguaya agonizaba. Más de un centenar de científicos compatriotas exiliados en Francia luego del golpe de Estado fundaron entonces una estructura asociativa, la Association Franco-Uruguayen pour le Développement Scientifique et Technique (AFUDEST), que se proponía colaborar en la reconstrucción de un país cuyas instituciones científicas y culturales se encontraban devastadas.

Uno de los serios problemas que la comunidad científica uruguaya tenía en aquellos años era la imposibilidad de acceder a la bibliografía más reciente, sobre todo a revistas especializadas, cuyas colecciones habían quedado interrumpidas por el efecto de la intervención dictatorial en la Universidad de la República (Udelar). AFUDEST ayudó a completar colecciones enteras de revistas científicas en las facultades de Química, Ingeniería, Medicina y en la naciente Facultad de Ciencias, entre otras acciones desarrolladas en esos años.

Tras una década de ensayar distintas formas de colaboración y habiéndose constituido en el país la masa crítica



necesaria para pensar en proyectos de mayor envergadura, surgió -de modo quizás casual- la posibilidad de profundizar los lazos de cooperación e intercambio entre instituciones científicas francesas y uruguayas.

Dighiero, que a la sazón se desempeñaba como jefe de la Unidad de Inmunología e Inmunopatología del Instituto Pasteur de París, se enteró, durante una entrevista con el director científico de esa institución, de que el instituto estaba considerando la posibilidad de establecer una filial en América del Sur. Comunicó esa noticia en forma inmediata a quienes eran entonces los decanos de las facultades de Medicina y Ciencias de la Udelar, Eduardo Touyá y Mario Wschebor respectivamente, y al propio Ehrlich, que es, como se sabe, un destacado investigador en el área de las ciencias biológicas.

En mayo de 1996, Touyá, Wschebor, Dighiero y Ehrlich iniciaron gestiones ante la presidencia de la República, cuya titularidad ejercía entonces el doctor Julio María Sanguinetti, a los efectos de que Uruguay fuera el país elegido para instalar esa posible sede del Instituto Pasteur en América del Sur. La iniciativa recogía, de algún modo, los esfuerzos realizados durante esa década de interacción y cooperación impulsada por los emigrados uruguayos reunidos en AFUDEST.

La oportunidad específica para iniciar los contactos oficiales sería la visita que el presidente Julio María Sanguinetti haría a Francia a fines de ese mismo año. En un primer momento, la idea fue acogida con entusiasmo por el gobierno uruguayo, que inscribió en la agenda presidencial una visita a la sede del Instituto Pasteur de París. Tras varias reuniones, el secretario de la Presidencia comunicó a los interesados que el proyecto se cancelaba, sin dar mayores explicaciones. El gobierno dejó sin efecto la visita presidencial al instituto y ninguna explicación ulterior, oficial o extraoficial, fue dada a los interesados. (Esta historia se cuenta en las memorias de Mario Wschebor al frente del decanato de la Facultad de Ciencias, publicadas por esa facultad en 1998).

El siguiente gobierno, encabezado por el doctor Jorge Batlle, sin embargo, decidió impulsar decididamente la iniciativa. (Batlle fue uno de los invitados especiales al acto conmemorativo del martes 6). A poco de iniciado su gobierno se creó la red de cooperación científica y tecnológica AMSUD-Pasteur.

El acuerdo para su creación y funcionamiento fue firmado el 19 de diciembre de 2001 en Montevideo con el aval del Instituto Pasteur de París, diez centros de investigación de países del Mercosur y una Comisión Interinsti-

El Instituto Pasteur de Puertas Abiertas en su 49º aniversario. / FOTO: NICOLÁS CELAYA (ARCHIVO, DICIEMBRE DE 2010)

tucional del Uruguay (integrada por el Ministerio de Educación y Cultura, el Ministerio de Salud Pública y la Udelar) en calidad de miembros fundadores. En diciembre de 2002 se aceptó la incorporación de Chile como país miembro del acuerdo a través de la integración de siete centros de investigación de ese país. Paralelamente, y luego de un proceso de evaluación y selección, se incorporaron otras instituciones de los demás países miembros fundacionales, constituyéndose una red que en la actualidad incluye a 63 instituciones científicas de alto nivel de la región y al Instituto Pasteur de París.

La creación de esta red fue el antecedente directo de la instalación del IPMon. En términos formales, ello ocurrió el 11 de diciembre de 2004, cuando el Poder Ejecutivo, la Udelar y el Instituto Pasteur de París firmaron el acuerdo que creó la filial de esa institución en Montevideo. El entonces presidente francés, Jacques Chirac, había accedido tiempo atrás a condonar una parte de la deuda externa uruguaya con ese país a cambio de que el dinero fuera invertido en el IPMon, tal como se hizo.

Un modelo a seguir

En el acto conmemorativo, el ministro de Educación y Cultura hizo "una pequeña reflexión sobre el pasado, vinculada a lo que ha sido la creación de este instituto".

"La forma en que se creó -dijo Ehrlich- nos sugiere una estrategia para avanzar como país. Hubo [en este caso] una notable confluencia de actores, de personas, de sectores políticos diversos, de instituciones distintas; una confluencia que alcanzó a actores de la región, de los países vecinos, y también del otro lado del Atlántico. Si tal vez haya algo que destacar, entonces, en todo este proceso, es cómo se logró sumar voluntades, propuestas que de pronto podían ser distintas y se las hizo converger y se creó esta formidable institución. Yo creo que eso es un ejemplo de una estrategia y nos muestra un camino a seguir. [...] Hay que tener flexibilidad para mirar los diseños institucionales, proceder en forma generosa pensando en el futuro y apostando a las nuevas generaciones".

El ministro continuó con una referencia explícita a la arquitectura institucional de la educación uruguaya. "Sin duda el ejemplo de cómo se trabajó para [lograr la fundación de] este instituto, buscando la confluencia de actores, es el camino que hay que seguir y ustedes saben que lo estamos siguiendo [en el tema de la educación]. Pero, al mismo tiempo, hay una gran responsabilidad para las comunidades académicas. [...] Parte de la solución a los problemas que tenemos pueden encontrarse en ese vínculo entre la ciencia, el quehacer científico, el compromiso de la ciencia y los científicos con la sociedad, estando al lado de la educación. Estamos explorando, ustedes mismos están explorando, una multiplicidad de caminos. Por ahí tenemos algunas de las claves para los cambios que estamos tratando de encontrar para transformar la educación del país. En eso también nos va el futuro de la ciencia y la tecnología", concluyó Ehrlich. ■

UNA RED INTERNACIONAL

El 14 de noviembre de 1888, con la presencia de las más altas autoridades de gobierno y el propio Louis Pasteur se inauguró en París el instituto que lleva su nombre. La construcción se había pensado originalmente como un simple dispensario para el tratamiento de vacunación contra la rabia, que el propio Pasteur había elaborado pocos años antes. Desde el comienzo, sin embargo, la intención de Pasteur había sido fundar un gran centro de investigación biomédica con la finalidad de combatir las enfermedades humanas, en particular las de carácter infeccioso.

Hoy en día los institutos Pasteur conforman una red internacional con un prestigio bien consolidado tanto en la investigación básica como en las aplicaciones tecnológicas en el campo de las ciencias de la vida. Por mencionar sólo un puñado ejemplos, fue en sedes de esa red donde se elaboró la vacuna contra la tuberculosis (París, 1921), donde se aisló por primera vez una de las cepas del virus de la fiebre amarilla (Dakar, 1927) y, más recientemente, donde se aisló por primera vez el virus causante del sida (París, 1983). ■

HITOS: RAFAEL LAGUARDIA

El impulso y su freno

LAGUARDIA MOSTRÓ una vocación muy fuerte y definida por la matemática desde muy joven. Una estadía en Francia entre 1926 y 1928 le permitió estudiar en la Universidad de París (La Sorbona) y obtener el Certificat d'Études Supérieures, además de tomar cursos con varios matemáticos franceses de renombre: Charles-Émile Picard -de quien, como de Laguardia, se dice que dictaba clases extraordinarias-, Arnaud Denjoy -que tiempo después sería profesor visitante en Montevideo-, Paul Montel, Gaston Julia, entre otros.

Antes de ese viaje había ganado un puesto de profesor en la enseñanza media (sección Preparatorios), cargo que ocupó efectivamente en 1929 y ejerció hasta 1945. En 1929 fue designado también como ayudante del curso de geometría analítica en la Facultad de Ingeniería, a la que había ingresado como estudiante en 1925. Laguardia no se graduó como ingeniero industrial sino hasta 1941. (Su interés estuvo centrado siempre en la matemática -mucho antes que en la ingeniería-, pero para ser profesor titular en esa casa de estudios era indispensable entonces tener el título de ingeniero). Su carrera docente en la Universidad de la República se prolongó sin interrupciones hasta 1973, año en que, tras ser destituidas las autoridades legítimas e intervenida la institución por la dictadura, se acogió a los beneficios jubilatorios. En ese período ocupó cargos de profesor titular en las facultades de Ingeniería (1953-1973) y de Humanidades y Ciencias (1946-1952).

Laguardia continuó su formación como matemático en la Universidad del Litoral (Argentina) en 1943 bajo la dirección de Beppo Levi, en la Universidad de Harvard entre 1944 y 1945 bajo la dirección de David Widder, y en la Universidad de Princeton entre 1945 y 1946 bajo la dirección de Salomon Bochner, Claude Chevalley y Solomon Lefschetz. Aunque en esas ocasiones y en años posteriores hizo varios trabajos de investigación, Laguardia fue ante todo un docente, un organizador y un promotor de la matemática y de la ciencia en general.

Desde muy temprano se preocupó por identificar y captar el talento matemático. En una oportunidad, mientras leía el diario, conoció la historia de Ovsey Cotlar, un judío ucraniano que había llegado a Uruguay a fines de los años veinte. Cotlar, un hombre muy culto, vivía con su familia en condiciones paupérrimas y se ganaba la vida como vendedor callejero. La prensa se ocupaba de Cotlar porque había ganado el campeonato anual de la Sociedad Uruguaya de Ajedrez. La nota periodística decía que tenía un hijo muy bien dotado para las matemáticas y lo mucho que su padre deseaba que pudiera estudiar. Laguardia averiguó dónde vivía este hombre y lo fue a visitar. Supo que su hijo, Mischa, tenía unos 16 años y tocaba el piano desde la tarde hasta entrada la madrugada en un garito portuario. Su única educación formal había sido un año de escuela primaria en su Ucrania natal. Laguardia le acercó libros e invitó a Mischa a integrarse a su grupo de estudios. Mischa Cotlar, sin mayor educación formal que ese año de escuela primaria cursado en Ucrania, terminó

RAFAEL LAGUARDIA (1906-1980) FUE EL FUNDADOR DEL INSTITUTO DE MATEMÁTICA Y ESTADÍSTICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, QUE HASTA EL QUIEBRE INSTITUCIONAL DE 1973 FUE EL CORAZÓN Y EL MOTOR DE LA COMUNIDAD MATEMÁTICA URUGUAYA.



Rafael Laguardia (al centro), durante el coloquio de Punta del Este en 1951. / FOTO: TAKI, ARCHIVO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA, ARCHIVO LAGUARDIA

un par de décadas más tarde un doctorado en la Universidad de Chicago y se convirtió en un matemático de nivel mundial. Su primera publicación académica, el artículo "Aritmética abstracta" de 1937, fue en el Boletín de la Facultad de Ingeniería.

La casa de Laguardia fue, desde comienzos de los años treinta, un centro de reuniones de la protocomunidad matemática uruguaya. Allí era visitado frecuentemente por un grupo estable de personas, al que pronto se integró el joven Misha Cotlar y al que poco más tarde se integraría otro muchacho, un joven delgado que apareció inesperadamente una mañana preguntando por Laguardia. Su nombre era José Luis Massera.

El "Clan de los genios"

Massera es quizás el matemático uruguayo más destacado que haya hecho toda su carrera en nuestro país. Su talento extraordinario y la capacidad organizativa de Laguardia están en el origen de la tradición matemática nacional, que es relativamente modesta en comparación con otras tradiciones nacionales, pero muy significativa si se atiende a las dimensiones del país, a su reciente origen y a su accidentada historia reciente, que acompañó la accidentada historia reciente del país entero.

La gran obra institucional de Laguardia es el Instituto de Matemática y estadística (IME) de la Facultad de Ingeniería, que hoy lleva su nombre (IMERL).

El IME fue creado en 1942 sobre la base de un proyecto que recibió el apoyo del entonces decano de la facultad,

el ingeniero Vicente García. En el proyecto, Laguardia señalaba que en el país ya estaban dadas las condiciones que aseguraban la viabilidad de un instituto dedicado a la investigación, la docencia especializada y la asesoría técnica en asuntos de matemática pura y aplicada. Esas condiciones eran, a saber, una buena biblioteca matemática (obra, sobre todo, del erudito profesor y humanista Eduardo García de Zúñiga, quien la había dotado de importantes colecciones de libros y revistas), una cierta tradición (entonces muy incipiente, es verdad) de estudios matemáticos serios y la existencia de un pequeño núcleo de personas que desde hacía un tiempo venían especializándose y habían logrado atraer a un grupo de jóvenes entusiastas.

Las condiciones materiales en que se debió trabajar durante los primeros tiempos no fueron ventajosas: el local se reducía a un viejo salón de clases dividido por tabiques de madera, el mobiliario había sido cedido por otras dependencias de la facultad y la partida anual para gastos se reducía a cincuenta pesos de la época. El director (que era el propio Laguardia) y su principal colaborador (Massera) trabajaron durante varios años en forma honoraria y sólo más tarde recibieron un pequeño aumento en sus salarios docentes. "Si estas circunstancias no llegaron a desalentar ni a torcer el derrotero, ello se debió a que éste estaba rectamente trazado, con clara previsión de las dificultades a encontrar y firme propósito de enfrentarlas y vencerlas", escribió Laguardia en un texto sobre los orígenes del IME.*

Hacia 1950 el IME ya había alcanzado una estructura que le permitió nuclear el trabajo matemático en el país y había empezado a tener un intenso relacionamiento con la comunidad científica regional e internacional.

Sin embargo, la Facultad de Ingeniería se encontraba inmersa en un conflicto que determinaría a mediados de los años sesenta una intervención de las propias autoridades universitarias, que destituyeron a los miembros del Consejo y nombraron a un decano interventor. Los sectores profesionalistas de la facultad no veían con buenos ojos el tipo de investigaciones pretendidamente inútiles que se hacían en el IME y en otros institutos, ni el tipo de formación que impartían sus docentes a los futuros ingenieros. El conflicto devino en una crisis que volvió ingobernable la casa de estudios, hasta que se produjo el extremo mencionado unas líneas más arriba.

El IME siguió adelante, pero otra intervención, esta vez comandada por la dictadura que se instaló en el país en 1973, volvió a cargar contra el instituto en los mismos términos. Esta vez, desgraciadamente, el resultado fue distinto. En mayo de 1977, en el acto de asunción de su cargo, el ingeniero Juan Carlos Patetta Queirolo, decano interventor nombrado por el régimen, pronunció un discurso muy recordado hasta el día de hoy, que en su momento fue recogido por la prensa. Así, puede leerse en la edición del diario *El País* del martes 3 de mayo de 1977 una nota que dice: "En otro pasaje de su discurso [el decano interventor] respondió a los sectores que han señalado una supuesta pérdida de jerarquía en los niveles de enseñanza: 'Sé que ha habido algunos problemas', expresó, 'pero los mismos han sido solucionados favorablemente'. [...] 'Se comenta que en la Facultad ya no se enseña matemática, cosa que no es cierta. Pero debo señalar que la Facultad forma ingenieros no matemáticos. Todo eso fue orquestado por un grupo que yo he dado en llamar el 'Clan de los genios', que por suerte ya está fuera de circulación, aunque el mal que hicieron en la Facultad todavía se está sintiendo".

Amargamente, al ver cómo el trabajo de su vida era desmontado piedra por piedra, Laguardia, para entonces ya jubilado, le escribió a Misha Cotlar, el joven que tocaba el piano en el garito portuario, a la sazón radicado en Venezuela y convertido en un matemático de fama mundial: "El panorama científico es tan desolado como la superficie de Marte: sólo rocas. El instituto que fundé y al que consagré mi vida desde que lo proyecté hasta que me retiré sigue en ruinas. Sólo se dictan cursos de rutina, ya no se investiga ni hay seminarios, ni coloquios, ni cursos especiales; no se mantiene al día la biblioteca ni funcionan los mecanismos para descubrir y cultivar el talento precozmente. Sólo me cabe mirar las cosas filosóficamente y trabajar".

Laguardia murió en plena dictadura (no tuvo la posibilidad siquiera de ver cómo ésta era derrotada en las urnas) y con la incertidumbre de lo que llegaría a ocurrir con el instituto que había fundado. El IME -afortunadamente- renació con el retorno del país a la vida democrática, pero ésa es ya otra historia. ■



La cita de ese texto y otras informaciones valiosas fueron tomadas del libro *Una vida dedicada a la matemática. Documentos del Archivo Laguardia*, edición a cargo de Martha Inchausti, Montevideo, Archivo General de la Universidad de la República, 2007.