

EUTOPIA

revista del colegio de ciencias y humanidades para el bachillerato

La investigación, un estilo de vida:

Jorge Aceves, Gerardo Gamba Ayala
y Ranulfo Romo Trujillo

Las ciencias en el CCH

Raúl García Acosta
Humberto L. Salinas López
Patricia Rosas Becerril

Astronomía en la UNAM



9 771870 813700

Tercera época
Año 5
número 16
enero-junio 2012

EUTOPIA

revista del colegio de ciencias y humanidades para el bachillerato

Contenido

Presentación	3
<i>Lucía Laura Muñoz Corona</i>	
La investigación, un estilo de vida	
De alumno a Premio Nacional de Ciencias	5
Jorge Aceves Ruiz, Gerardo Gamba Ayala y Ranulfo Romo Trujillo narran sus experiencias	
<i>Carmen Guadalupe Prado Rodríguez y Porfirio Carrillo</i>	
México necesita científicos	12
Entrevista con René Drucker Colín	
<i>María Elena Arias Aguilar</i>	
Las ciencias en el Colegio	
Las sociedades científicas en México	18
<i>Patricia Rosas Becerril</i>	
Enseñanza-aprendizaje de Matemáticas en el bachillerato	
Bases teóricas	
<i>Juana Castillo Padilla, Rebeca Ángeles López,, Jorge Gómez Arias,</i>	25
<i>Manuel Odilón Gómez Castillo, Edgar Efrén López Torres</i>	
¿Cuáles son los nuevos rumbos de la ciencia en el Colegio?	36
<i>Humberto Lisandro Salinas López</i>	
La historia de las matemáticas como punto de encuentro entre las ciencias y las humanidades	42
<i>Zaira Eréndira Rojas García</i>	
Investigaciones sociales por alumnos de psicología del CCH	46
Herramienta de crecimiento personal a través de la mirada del otro	
<i>Marco Antonio González Villa</i>	
La deconstrucción de los conceptos en física	57
Su potencialidad didáctica	
<i>Pedro Ángel Quistian Silva</i>	

- 62 Enseñanza del proceso de replicación del ácido desoxirribonucleico (ADN)
Algunos aspectos históricos y epistemológicos a considerarse
María Dolores Alcántara Montoya
- 67 Religión y ciencia pitagórica
Israel de Cuesta
- 74 ¿Por qué y para qué aprenden ciencias los alumnos del CCH?
Raúl García Acosta
- Travesías
- 49 La fotografía como documento científico
- Aportes. Las estrellas puntos de referencia
- 79 Una mirada a la astronomía en la UNAM y el CCH
Hilda Villegas González y Carmen Guadalupe Prado Rodríguez
- 81 La investigación científica permite al país ser independiente
Entrevista al astrónomo Manuel Peimbert Sierra
Hilda Villegas González
- 86 El misterio de las supernovas y las colisiones entre galaxias
O cómo la decadencia de una estrella puede originar vida
Elizabeth Verduzco Garduño
- Nosotros
- 89 Enseñanza de las Ciencias en Entornos de Experimentación y TIC
Ecos del Encuentro Internacional
Pedro Josué Lara
- 91 Páginas sueltas
Entrevista con Carmen Christlieb Ibarrola
Ethel Sánchez Ramírez
- 95 Un laboratorio innovador
Ciencia y tecnología de la mano de profesores del Plantel Oriente
Hilda Villegas González
- Aula y cultura
- 99 Ficciones para sobrevivir
Baldomero Ruiz Ortiz

Presentación

A lo largo de 2011 y del presente año el Colegio de Ciencias y Humanidades celebra su 40 aniversario. Este acontecimiento nos permitió hacer un recuento de los logros y también de las zonas de oportunidad en que, el CCH, puede mejorar para seguir siendo una institución de vanguardia en la formación de los jóvenes de educación media superior a nivel nacional.

Desde su creación, el Colegio buscó equilibrar los campos de conocimiento de las ciencias y las humanidades para lograr, a la postre, una formación integral de los alumnos que habrían de continuar sus estudios en las diversas licenciaturas de la UNAM. Este propósito se ha cumplido en términos generales, sin embargo los nuevos descubrimientos en las ciencias naturales, sociales y humanísticas, así como el auge de las tecnologías, nos obligan a replantear los paradigmas y a conducir los cambios que benefician a los alumnos.

Así, la actualización del Plan y los programas de estudio tiene, entre otros objetivos, repensar la manera en que se han enseñado las ciencias en nuestras aulas y laboratorios, para hacer las propuestas pertinentes de ajuste que contribuyan a la formación de la cultura básica de los estudiantes.

La revista *Eutopía*, en este contexto, dedica el presente número a las Ciencias y, para dar un panorama amplio de estas áreas del conocimiento, incluye reflexiones, resultados de investigaciones de algunos profesores y entrevistas, entre otros aportes de relevancia.

Una problemática constante es la falta de vocaciones científicas entre los jóvenes de los distintos niveles educativos, desde el básico hasta el superior. En este sentido, el Colegio debe revalorar la enseñanza de las ciencias como un medio que despierte la curiosidad y el interés de los estudiantes. Para lograrlo, los jóvenes necesitan modelos para identificarse y generar relaciones de empatía con los investigadores y los temas científicos.

En esta línea se inscriben las entrevistas a los Premios Nacionales de Ciencia que *Eutopía* ofrece a los lectores. Jorge Aceves Ruiz, Gerardo Gamba Ayala y Ranulfo Romo Trujillo y al ex titular de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, René Drucker Colín, quienes nos dicen cómo lograron encontrar sus verdaderas vocaciones, en qué consiste ser un verdadero científico y qué es lo que falta en México para construir caminos basados en el desarrollo de la ciencia.

Asimismo, en la sección Aportes de este número, Manuel Peimbert-Sierra y Margarita Rosado Solís afirman que una de las ciencias que tiene la facilidad de “enamorar” a sus estudiosos —sean estos novatos o no— es la astronomía, por los alcances de sus estudios y los *productos* que puede ofrecer a la sociedad. Esta ciencia, además, es un buen *pretexto* para acercar a los alumnos a la física, las matemáticas y a la biología.

También, en la sección Nosotros, se hace un recuento de lo ocurrido en el Encuentro Internacional: Enseñanza de las Ciencias en Entornos de Experimentación y TIC, y se recogen las palabras de Carmen Christlieb quien, en entrevista, comparte sus experiencias como docente con cuatro décadas de experiencia en el CCH; se publican, además, las aportaciones de los profesores que, en Las ciencias en el Colegio, dan a conocer distintos proyectos, perspectivas y puntos de vista que son consecuencia de su trabajo continuo en las aulas y laboratorios.

Por otra parte, Aula y cultura nos muestra, en esta entrega, una aferrada defensa de la literatura, la ficción y el arte a través de uno de los más recientes libros de Jorge Volpi: *Leer la mente. El cerebro y el arte de la ficción*.

Po último, con este nuevo número *Eutopía* reafirma su compromiso de dar voz a la comunidad académica del Colegio y la Universidad, con el propósito de incrementar la cultura científica de los profesores y, a la vez, reforzar el aprendizaje de los alumnos en este campo.

Lic. Lucía Laura Muñoz Corona
Directora General del CCH

De alumno a Premio Nacional de Ciencias

Jorge Aceves Ruiz, Gerardo Gamba Ayala
y Ranulfo Romo Trujillo narran sus experiencias

CARMEN GUADALUPE PRADO RODRÍGUEZ
PORFIRIO CARRILLO

Los científicos son personas de temperamentos muy dispares, hacen cosas diferentes de maneras muy diferentes. Entre los científicos hay recolectores, clasificadores y compulsivos remilgosos; muchos son detectives por temperamento y muchos son exploradores; algunos son artistas y otros artesanos. Hay poetas-científicos y filósofos-científicos e igualmente algunos místicos.
Peter Medawar¹

El sistema educativo actual debe, en su sentido más básico, formar en el estudiante una cultura científica que le permita comprender el mundo, de manera que se aproxime y adquiera conocimientos y habilidades que lo lleven a relacionarse con su entorno. No obstante, el científico, que tiene como tarea prioritaria investigar, no sólo se acerca y aprende sobre lo que le rodea, sino que además encuentra incógnitas en la naturaleza que debe resolver.

El presente texto expone las entrevistas a tres reconocidos científicos mexicanos que han destacado por sus trabajos, investigaciones y contribuciones al desarrollo de la humanidad. Así, se presentan entrelazados los conceptos e ideas más usuales y peculiares del ser científico con testimonios del propio quehacer en la ciencia.

Ser hombre de ciencia

Por lo general se entiende que “un científico es el que descubre cómo se generan las cosas en el área que estudia, y aprovecha el conocimiento para hacerlo útil a la sociedad, como por ejemplo en la salud, porque puede curar enfermedades y antes se ignoraba cómo hacerlo, mientras que en el área de la física crea nuevos y mejores aparatos tecnológicos”, consideró Gerardo Gamba Ayala, jefe del Departamento de Nefrología en el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, profesor en la Facultad de Medicina de la UNAM y Premio Nacional de Ciencias y Artes 2010.

Pero un científico no sólo “es el que busca explicaciones claras y precisas con respecto a lo que sucede en el Universo en los aspectos biológicos, físicos y matemáticos, sino que también es el que

tiene que bajar ideas al mundo del pragmatismo, conseguir financiamiento, hacer experimentos, conjuntar piezas de diversas disciplinas, tener gente y saberla dirigir, ser exitoso escudriñando dentro de las ideas que investiga y ser capaz de difundir el conocimiento en revistas y conferencias”, señaló por su parte Ranulfo Romo Trujillo, investigador del Instituto de Fisiología Celular de la UNAM y Premio Nacional de Ciencias y Artes 2000.

Cómo nace un científico

Un hombre dedicado a la ciencia no se forma de la noche a la mañana. “Hay estudiantes que deciden ser científicos desde muy temprana edad debido a que sienten curiosidad y les produce interés descubrir respuestas, porque tienen la necesidad de ayudar o quieren seguir los pasos de un familiar, amigo, profesor o científico al que admiran”, planteó Gerardo Gamba Ayala.

En este sentido, Ranulfo Romo relató su experiencia: “la primera influencia que recibí en relación con la ciencia fue en la primaria. Durante la secundaria tuve muy buenos profesores de química, física y biología, aunque en realidad yo ya tenía preferencia por dichas materias; evidentemente no despreciaba las matemáticas. Además, tenía la oportunidad de platicar los fines de semana con mis profesores, en especial con el de biología, sobre cuestiones de las materias. Ya para la preparatoria había decidido lo que iba a ser”.

Por su parte, Jorge Aceves Ruiz, investigador del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional y Premio Nacional de Ciencias y Artes 2000, recordó: “desde que fui estudiante de secundaria me interesó la medicina como ciencia. Uno de los aspectos que me hicieron sentirme atraído hacia

ella fue una enfermedad que me aqueja, la hipotensión ortostática, que padecí como adolescente cuando estudiaba en una escuela militarizada, pues en los desfiles, después de cierto tiempo de permanecer en posición de firmes, me desmayaba; y también por un impacto terrible que sufrí y que aún recuerdo: presenciar la cirugía de un gran absceso en una niña”.

Optar por una ciencia

Pero no solamente nace un científico por tener inquietudes en la educación básica o, incluso porque estudió una carrera de ciencias como física, química, biología, matemáticas, ingeniería o medicina. El que se dedica a las ciencias es el que toma la iniciativa, y lo hace al participar en un área de investigación.

“Cuando entré a la carrera de Medicina me encontré con un perfil de posibilidades que no me imaginaba. Uno de los temas que me atrajo fue el de la presión arterial, cómo es que se regula en el organismo y la forma en que se descompone. Así les sucede a los jóvenes: cuando entran a la carrera suponen sólo la existencia de las especialidades que ya conocen, como pediatría, obstetricia, psiquiatría, pero desconocen otras cuarenta”, planteó Gerardo Gamba.

“Cuando era estudiante de la Facultad de Medicina, había dos profesores de fisiología muy reconocidos, el doctor José Joaquín Izquierdo y Puchea Álvarez. El primero era popular porque era muy exigente, su mundo de alumnos era de entre diez y doce, el que estudiaba con él era porque realmente quería aprender; y el segundo era mucho más ameno. Yo decidí ser alumno de Izquierdo. Fue gracias a sus clases como me inicié realmente en la investigación, pues nos hacía participar y razonar en prácticas de laboratorio y sus resultados experimentales. Pero fue hasta la maestría, en

las clases de fisiología del corazón que tomaba en el Colegio Nacional con el doctor Arturo Rosenblueth, cuando comencé con lo que hasta ahora es mi obsesión”, aseveró Jorge Aceves Ruiz.

“La medicina, en especial el tema de las neurociencias, me interesaba; pero no tenía muy claro en qué área me especializaría. No obstante, había algunos temas que se cultivaban en México en ese entonces: la fisiología del sueño, algunas cuestiones de epilepsia, control motor y neurobiología celular, y esto fue lo que definió mi especialización”, platicó Ranulfo Romo Trujillo.

Materias importantes para las ciencias

Desde el punto de vista de estos investigadores, hay conocimientos fundamentales que todo joven que desee acercarse al mundo de la ciencia debe conocer.

“Existen dos pilares en la formación de cualquier individuo: el idioma materno y las matemáticas. Son dos herramientas esenciales para la vida personal y académica. Desgraciadamente he observado que los estudiantes ni hablan ni escriben bien. Incluso lo veo con jóvenes que estudian el doctorado y el posdoctorado. El problema radica en que si no hablan y escriben bien su lengua nativa, menos aún desarrollarán un idioma extranjero. El común de la gente cree que educar bien a sus hijos es enseñarles otro idioma, para que sean bilingües, cuando eso no es posible porque no han poseído aún el propio. Además, para estudiar, incluso investigar en otras disciplinas como la biología, es determinante la posesión del correcto uso de la palabra y también de las matemáticas, aunque también es cierto que se necesitan otros conocimientos de física y de computación, para los cuales también es necesaria la posesión de estos dos pilares. Pero no es tan difícil: si los individuos



“La ética es importante en cualquier disciplina humana, pero es fundamental en la investigación biológica porque el científico utiliza muchos seres vivos en el laboratorio. Por ello, es indispensable apegarse a los lineamientos, todo con el objetivo de proteger a la especie humana”, subrayó Gerardo Gamba Ayala.

leen, entonces saben hablar y escribir, pero además viven otros mundos y aprenden otras cosas, y con las matemáticas se logra, con precisión, la formalización del mundo que la persona vive”, aclaró Romo Trujillo.

“Desde el punto de vista de la medicina, existen dos conocimientos elementales que considero importante conozcan los estudiantes de nivel medio superior: uno, todos los organismos vivos de este planeta tienen la misma estructura



“En cualquier práctica científica se debe respetar a los seres vivos, no solamente a los humanos, también a los animales. Por ningún motivo se les debe provocar sufrimiento y abusar de ellos para obtener un resultado”, aseveró Ranulfo Romo Trujillo.

molecular, lo cual evidentemente es una confirmación absoluta de la teoría darwiniana de la selección natural; dos, la fisiología es la disciplina que se ocupa de estudiar cómo funcionan los seres orgánicos”, afirmó Gerardo Gamba Ayala.

“La fisiología, desde el enfoque médico, es un conocimiento importante que todo joven debe tener, pero también las matemáticas, la física, la química y la biología, incluso la electrónica, son importantes para desarrollar cualquier tipo de in-

vestigación científica. No obstante, existe un problema constante en los jóvenes: estudian para acreditar el examen, mas no para aprender, por lo que no asimilan los conocimientos y por consiguiente no los pueden razonar”, subrayó Aceves Ruiz.

Características que distinguen a un científico

No es suficiente con tener conocimientos curriculares, también hay que poseer determinadas actitudes que propicien un adecuado razonamiento científico. “Hay que ser propositivo en el sentido de que hay que aprender a soñar. El común de la gente no sueña, le gusta que le digan ya de qué tratan las cosas; sin embargo, es muy estimulante cuando uno sueña despierto. Hay que aprender a vencer la frustración, no hay que salir corriendo porque surgió un problema. Hay que ser, además, perseverante pero no testarudo, saber en qué momento detenerse. Por último, hay que mirar más allá de lo que ven los ojos. Ahora los jóvenes se han vuelto mucho más pragmáticos, desean obtener rápidamente las cosas. En ciencia hay que tener paciencia”, afirmó Ranulfo Romo Trujillo.

Para Jorge Aceves Ruiz, “debe haber entrega, una vocación muy bien definida. Esta última se despierta por lo que se hace, pero primero se debe comenzar a hacer. Es como una adicción, porque la investigación produce una satisfacción que envicia. Obtener resultados que ayudan a entender fenómenos y coadyuvan al control de ciertas enfermedades produce una satisfacción enorme. La gente que no tiene satisfacciones por lo que hace, sobre todo en el campo experimental, no tiene nada qué hacer aquí como científico. Hay investigadores que no generan ideas creativas, que lo que hacen está bien hecho porque son minuciosos, pero realmente no han contribuido porque les falta algo, no tienen chispa, intuición, esa imagi-

nación necesaria para llegar a descubrir algo que es la satisfacción. Otro elemento importante es que mientras más conocimientos de otras áreas y más cultura se tengan, más visión va tener el investigador. Nunca hay que conformarse con saber hacer exclusivamente lo que se hace y desconocer absolutamente todos los aspectos culturales que son fundamentales para llevar una vida que realmente valga la pena vivir”.

La ciencia a lo largo del tiempo

Con el paso del tiempo todo cambia; sin embargo, “la ciencia, como disciplina que busca generar conocimientos y que se basa en la rigurosidad de las observaciones, plantear posibles hipótesis y ponerlas a prueba, para solamente aceptar lo que los datos contestan y no lo que uno quiere, sigue siendo la misma. Por ello, el fundamento propio de la ciencia sigue siendo el mismo desde que la ciencia nació. Lo que ha cambiado a lo largo de los años y, de manera cada vez más acelerada, es la forma de abordarla con el empleo de la tecnología. Por su parte, la tecnología ha traído como consecuencia que al conocernos más, tenemos que aprender a manejar más tecnología y, por lo tanto, debemos especializarnos para comprender de mejor forma las cosas. Llegar a ser científico significa un proceso largo de aprendizaje para llegar al área específica donde uno quiere trabajar. Hace trescientos años hacerse científico era cosa de tres meses porque se aprendía lo que las tecnologías permitían y se sabía. Hoy en día está todo tan especializado por la tecnología, que ser científico significa un proceso largo de aprendizaje para llegar al área específica que a uno le interesa”, afirmó Gerardo Gamba Ayala.

“Antes la ciencia se hacía por afición, por vocación; era una época un tanto heroica en la que el científico no tenía toda la infraestructura de

ahora. Uno podía trabajar solo, como esa figura romántica del investigador que se mete en su casa y allí se le ocurren ideas extraordinarias en experimentos. Ahora eso ya no sucede. Para echar a andar una investigación se requiere una serie de recursos, entre instalaciones, servicios, apoyo económico, ayuda técnica, de estudiantes y más. Otra de las particularidades que han variado es que hoy un investigador tiene que rendir cuentas, lo que antes no sucedía. Para permanecer en el Sistema Nacional de Investigadores se debe publicar, lo que desgraciadamente ha traído como consecuencia que un porcentaje mínimo de lo que se difunde contribuye al conocimiento científico o tiene aplicación práctica, técnica o de otra naturaleza. Sin embargo, el investigador ya puede vivir en condiciones más o menos aceptables con un sueldo institucional”, reveló Jorge Aceves Ruiz.

“En otras naciones, sobre todo en las de primer mundo, la ciencia se volvió un motor de desarrollo muy importante, porque rápidamente se dieron cuenta que esa curiosidad que tenía el individuo se podía aprovechar. De allí que siempre estén trabajando por lograr una población científicamente educada”, puntualizó Ranulfo Romo Trujillo.

Formadores de científicos

Como responsabilidad, el docente es el encargado de educar, dirigir, orientar y facilitar un cambio en el estudiante. En este sentido, lo intelectual se supedita a un interés mayor: la capacidad de desarrollar la vocación de otro.

“Los maestros de bachillerato son frecuentemente los responsables de que los alumnos sigan un camino de acuerdo con la manera en que les imparten las materias. Un profesor que enseña de manera atractiva sus conocimientos, influye favorablemente en la elección de una carrera. De ahí que el docente que imparte alguna asignatura

científica motiva o no la formación de un futuro científico”, argumentó Gerardo Gamba Ayala.

Además, “los profesores, no sólo de nivel medio superior sino de facultades, como parte de su labor docente deben estimular la imaginación y las inquietudes de sus alumnos para que puedan desarrollar actividades más allá de las que realiza un simple técnico. Asimismo, deben transmitir la pasión por lo que hacen”, consideró Ranulfo Romo Trujillo.

“El profesor que enseña ciencia no sólo debe estar comprometido en transmitir los conocimientos, sino también en enseñar a analizarlos y discutirlos, porque en la ciencia también se dilucidan los resultados”, expresó Jorge Aceves Ruiz.

Sentimiento de distinción

Recibir el Premio Nacional de Ciencias y Artes, así como otros reconocimientos importantes, “son un honor; sin embargo, el estímulo más importante que se puede lograr es cuando uno realmente logra resultados. Es decir, yo tengo mis premios antes de que me distingan; mi satisfacción más grande es el desarrollo de mis ideas, y si recibo un Premio Nacional de Ciencia, pues lo agradezco, pero no me enloquece. Yo creo que hay que hacer las cosas para sentirse satisfecho uno mismo y no estar pensando que uno va ganar o va ser premiado”, subrayó Arnulfo Romo Trujillo.

Desde otra mirada, Jorge Aceves Ruiz dijo que para él es agradable que lo reconozcan por hacer lo que le gusta. “Me llena de satisfacción, pero también conlleva una gran responsabilidad, pues es motivo para continuar trabajando y hacerlo con más ahínco porque no sólo es una meta personal sino un compromiso con la sociedad.”

En cambio, para Gerardo Gamba Ayala el ser premiado lo “distingue a uno dentro de un grupo de científicos, ya que pocos han recibido dicho re-



“En ocasiones el investigador encuentra por accidente cosas que no busca”, afirmó Jorge Aceves Ruiz.

conocimiento; sin embargo, esto lo pone a uno en la mira, ya que te identifican como si el Premio Nacional de Ciencias fuera tu apellido”.

Ciencias básicas y práctica clínica en la medicina como ciencia

En la carrera de Medicina, la enseñanza de la mayor parte de las ciencias básicas suele colocarse al principio de los estudios de la facultad, periodo que constituye la base de los conocimientos para el profesional, pero también un tiempo en el que el estudiante aún no establece contacto directo con ningún enfermo. En este sentido, son pocos quienes luego de concluir sus estudios, o de continuarlos como investigadores, se acercan a la práctica clínica, cuyo fin debe ser siempre la prevención y cura de enfermedades, así como la promoción de la salud del individuo y la población.

“Combinar las ciencias básicas y la práctica clínica es algo extraordinario. Hay gente que lo puede hacer, pero son muy pocos. Habitualmente se hace la práctica clínica, que pide mucho tiempo y responsabilidades, o se hace investigación. Se hace investigación en serio o se hace práctica clínica en serio. Lo ideal es que el clínico conozca el método científico, que proceda de acuerdo con razonamientos basados en hechos, que no se aprenda un cuadro clínico y proceda según dice el libro, sino que pueda razonar en función de las alteraciones fisiológicas que tenga el paciente, que entienda cómo se pueden corregir esas alteraciones gracias a las acciones de los medicamentos”, aseveró Jorge Aceves Ruiz.

“En principio, un clínico debe tener conocimientos de ciencias básicas, porque eso le permite entender mejor los procesos biológicos, que van de lo normal a lo patológico, y porque todo lo que tiene que ver con las ciencias básicas es fundamental para entender la clínica. Hay muchos médicos que combinan la ciencia básica y la clínica y otros que de plano simplemente se dedican a resolver problemas médicos”, aseguró Arnulfo Romo Trujillo.

“Yo elegí dedicar más de mi tiempo a la ciencia y no por ello dejé de ejercer la clínica. He seguido con la clínica en los institutos. En el proceso del ejercicio de la carrera me comenzó a interesar la investigación científica”, refirió Gerardo Gamba Ayala.

Medicina, una carrera sustentable

La medicina es además de importante necesaria, debido a que es una carrera que tiene como propósitos fundamentales prevenir y curar la enfermedad, y de esta manera mantener la salud del cuerpo humano. “Si no hubiera medicina usted se moriría del primer ataque de apendicitis. ¿Por qué? Porque se le revienta el apéndice, se le infecta

el intestino y se muere de peritonitis. Sin la cirugía, el cirujano, la anestesia y los antibióticos usted se moriría. De hecho, hasta antes de los antibióticos, a pesar de que las personas se operaban, se morían debido a las infecciones. La salud de los individuos es fundamental y solamente la pueden tratar los médicos,

ni siquiera los biólogos, los matemáticos, los ingenieros o los políticos. Se requieren individuos capacitados para poder curar. La medicina es importante y necesaria, al igual que quien la ejerce, mientras nos pueda liberar de un tumor en el cerebro, un problema cardíaco, de presión, hormonal, etcétera”, afirmó Arnulfo Romo Trujillo.

“A veces uno descubre cosas sin buscarlas, pero hay que estar preparado para interpretar lo que vea”, advirtió Romo Trujillo.

Nota

1. Citado por Comité de Ciencia, Ingeniería y Política Pública, Academia Nacional de Ciencias, Academia Nacional de Ingeniería, Instituto de Medicina, Prensa de la Academia Nacional; *Ser científico: La conducta responsable en la investigación*; Publicación digital. Washington, D.C., consultado el 20 de febrero de 2012 en <http://academia.uat.edu.mx/pariente/Tesis/Ser%20cientifico.pdf>.

México necesita científicos

Entrevista con René Drucker Colín

MARÍA ELENA ARIAS AGUILAR

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es, sin duda, el proyecto cultural más importante de la nación, ya que asume un compromiso permanente con la sociedad: conservar, generar y transmitir el conocimiento científico, técnico, humanístico y artístico, mediante las tareas sustantivas de nuestra máxima casa de estudios, es decir la docencia, la investigación y la difusión de la cultura.

En este sentido, la Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades (DGCCH) busca lograr el siguiente objetivo central:

Mejorar la calidad de los aprendizajes de los estudiantes, para ello se han propuesto algunos cambios relacionados con la docencia, los recursos y las estrategias para el aprendizaje de los alumnos, la optimización de la infraestructura y los servicios, así como con el ritmo y la intensidad de la incorporación de las tecnologías avanzadas en los procesos académicos que en la actualidad se realizan en aulas y laboratorios. Con estos cambios se pretende contribuir a un mejor desempeño de los egresados del Colegio en los estudios profesionales, ya que con ello se proyectará una mejor imagen de la institución en la sociedad y, consecuentemente, se consolidará un lugar más alto en las preferencias de los egresados de secundaria.¹

No obstante, algo sucede con los jóvenes estudiantes de bachillerato, porque no aprovechan del todo lo que el CCH les ofrece, sobre todo en una de las ramas más importantes del Colegio: la **ciencia**. Así, al decidir qué carrera quieren estu-

diar, se ha comprobado que 80% de los egresados elige las humanidades y sólo unos cuantos se inclinan por las carreras científicas.

¿A qué se debe este comportamiento? ¿Qué sucede con nuestros jóvenes? ¿Por qué no se deciden a estudiar las ciencias?

Para contestar estas y otras interrogantes, se entrevistó al doctor René Drucker Colín, ex-titular de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, uno de los principales promotores de la divulgación de la ciencia en México y recientemente galardonado con el premio Kalinga para la Difusión de la Ciencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

Entrevistadora (E): —Doctor Drucker, ¿por qué les cuesta trabajo a los estudiantes de bachillerato decidirse por una carrera profesional?

René Drucker (RD): —Creo que a esa edad es difícil saber qué se quiere estudiar. Muchos jóvenes que están en el bachillerato, que cursan la educación media superior, suelen estar un poco confundidos; no es común encontrar personas que desde un principio sepan lo que quieren. Además, en estos tiempos hay una oferta de carreras más amplia de la que teníamos hace muchos años, lo que hace más difícil elegir una profesión o una carrera que podría ser atractiva; por otro lado, está la vocación para estudiar una carrera, que se va formando cuando uno es mayor o se tiene más



inclinación hacia una actividad, por lo menos así lo pienso yo.

E: —¿Cómo decidió lo que quería estudiar?

RD: —Personalmente yo estaba muy confundido, me gustaba la literatura, leía mucho, quería ser escritor. Luego, me di cuenta de que ser escritor no era tan fácil y empecé a interesarme en el área biológica, que era la que más me gustaba de las materias que cursaba; me intrigaban cosas y me interesaba contestar algunos fenómenos que nos rodean. De ahí surgió mi interés en las ciencias biológicas y genéticas; después quise estudiar el cerebro, y posteriormente tuve la fortuna de tener un extraordinario maestro, con quien trabajé y me inicié en la investigación, lo que me dio la puntilla para desarrollarme en lo que me he dedicado.

Por eso se necesita orientar a los jóvenes, tratar de entusiasmarlos para que se acerquen a la carreras que están más próximas a su corazón y darles facilidades.

En nuestra institución, en nuestra universidad, debemos fortalecer las vocaciones. En el país la mayor parte de las carreras económico-administrativas son las que aparentemente brindan más futuro a los jóvenes, de hecho, 80% de las inscripciones en educación superior pertenece a estas carreras.

Por la forma en que los jóvenes interpretan su futuro, algo está mal en la sociedad, lo cual se relaciona con los medios de comunicación, porque los desorientan, por ello las carreras científicas no se consideran atractivas sino difíciles. En la carrera científica no se visualiza cómo conseguir el éxito que se desea, que se ve únicamente como éxito económico, de tal suerte que el concepto de *tener éxito* equivale a que la gente se hará rica. Es posible vivir de una carrera científica, pero es muy diferente a tener mucho dinero.

E: —¿Qué problemas hay en nuestra sociedad que impiden estudiar las carreras científicas?

RD: —Existen grandes desigualdades sociales, hay mucha gente de escasos recursos, hay una gran cantidad de personas que viven de manera inadecuada y tienen la intención de salir de ese medio. Pero la manera en que se le enseña al joven a superar el medio empobrecido es haciendo dinero, la imagen que se le proporciona se traduce en el hombre o la mujer exitosa o guapa y que se dedica a estar todo el tiempo en el gimnasio, que es la imagen que muchas veces se muestra en los medios de comunicación; entonces los jóvenes crecen con esas imágenes.

En los canales de televisión no hay información y hay pocos programas, o éstos son inexis-

tentes, que difundan la importancia de la ciencia y el desarrollo tecnológico; por lo tanto, hay una deformación de la educación de los jóvenes desde edades tempranas. A pesar de esto, en nuestro país hay jóvenes brillantes que se acercan a las carreras de ingeniería, matemáticas, a la física, la biología, aunque desafortunadamente parecen ser los menos. Considero que la manera de educar a nuestros jóvenes debería modificarse sustancialmente, porque además muchos maestros no están bien preparados para estimular a sus alumnos para que estudien una carrera científica; aunado a esto, las escuelas en general no tienen aulas apropiadas ni laboratorios o facilidades para estudiar ciencia, por lo que las asignaturas científicas se vuelven áridas y poco atractivas para los estudiantes.

E: —¿Qué podemos hacer para despertar el interés de los estudiantes en esta área del conocimiento?

RD: —Es importante que vean el mundo que los rodea, lo que les permitirá tomar mejores decisiones en su vida cotidiana, porque hay una ausencia tremenda de estas oportunidades. En nuestro país sería conveniente hacer un recorrido por la zona metropolitana y comprobar que con frecuencia las escuelas son un desastre, con pocas facilidades para la enseñanza real, así que evidentemente muchos jóvenes las abandonan, incluso desde la secundaria y la preparatoria, y si llegan a terminar esta última, las carreras que hay no están entre sus planes, porque no las ven como un medio de oportunidades ni de un futuro que les mostraron como manera de vivir.

En Universum, el 70% de los visitantes son jóvenes, pero vienen porque tenemos un convenio con la SEP, así que las escuelas envían a los estudiantes a los diferentes museos, entre ellos al Museo de Ciencias. Desde mi punto de vista aquí hay un problema porque, como en las escuelas no hay laboratorios, los niños no tienen los recursos

para realizar los experimentos que los acerquen a la ciencia, así que los mandan a un museo. Para los niños es divertido salir de la escuela, es como estar en un día de campo: muchos se quedan jugando afuera, a otros no se les nota el interés en los temas de las salas; pero hay muchos a los que sí, y los que ponen atención en las diferentes cosas que ofrece el museo salen enriquecidos.

En la Ciudad de México circulan alrededor de 20 millones de personas y en el museo tenemos cerca de 600 mil visitantes; de ellos, 70% están obligados por la SEP, y el público general —sean adultos o niños— es bajísimo, porque en esta ciudad no hay mucha cultura para ir a los museos. Por ejemplo, el Museo de Antropología recibe un millón de visitantes al año, de los que muchos son extranjeros; de modo que carecemos de una educación apropiada para nuestros jóvenes, para formarlos en una cultura general, de la cual la ciencia forma parte.

E: —¿Cómo acercar a los jóvenes a la ciencia?

RD: —La dificultad de acercar a los jóvenes a la ciencia es mundial, se presenta tanto en nuestro país como en otras naciones más desarrolladas. Desde mi punto de vista, considero que la imagen de que la ciencia es un área difícil, que ofrece pocas oportunidades para el éxito, se traduce luego en cosas intangibles; se tiene la percepción de que los científicos no reciben o perciben la contribución por la actividad que realizan, y esto viene aunado a la dificultad que todos tienen. Por ejemplo, estudiar matemáticas —¡ay, qué horror!—, hay una cosa histórica en relación con las matemáticas y la física, se tienen por materias complicadas, difíciles, a las que a los jóvenes les cuesta trabajo acercarse.

E: —Al respecto, ¿qué visión tiene el Estado?

RD: —La ciencia no es una prioridad para nuestra nación; al Estado mexicano le tiene totalmente sin cuidado las ciencias, porque el presupuesto para estas actividades es bajo; pienso que eso se traduce en una percepción en la sociedad de

que la ciencia no es parte de nuestra vida, y si es así, ¿para qué voy a ser científico?

En México no producimos suficientes personas con doctorado, porque finalmente quienes se doctoran no encuentran espacios para realizar las actividades para las cuales se capacitaron. La mayoría busca ubicarse en áreas académicas, universidades, centros de investigación, pero no hay plazas donde puedan trabajar. Entonces, considero que se mantiene la percepción, que además es correcta, de que hay pocas oportunidades para desarrollarse en nuestro país en el área científica y si uno habla con los jóvenes, éstos dicen: “y luego, ¿qué hago?” El conocimiento representa el futuro del país y ellos deben ser los generadores. Tenemos mucha tarea por hacer.

Si no cambian las políticas científicas, el futuro de las ciencias es incierto, muy deficiente, y con ello el futuro del país está en juego. Desde esta perspectiva, México no tiene futuro como nación competitiva, poderosa económicamente; si no se invierte en la **ciencia**, la **tecnología** y la **innovación**, estamos destinados a depender de otros.

Estos tres eslabones tienen que unirse a la ciencia básica, llevarse a cabo en este país en forma más eficaz y adecuada, con un impulso de parte del gobierno hacia esa actividad, con políticas a largo plazo y con una inversión cada vez mayor, en lugar de menor, como ha ocurrido hasta ahora. Si seguimos así, el país no tiene futuro, o tiene uno mínimo, sin miras a crecer.

Por cierto, tengo una tabla que es realmente preocupante; en ella se ve que la tasa de crecimiento promedio anual del Producto Interno Bruto (PIB) de México está muy mal:

- Brasil: 3.7%
- Rusia: 6.7%
- India: 8.7%
- China: 12.4%
- México: 2.5%

Como observamos, México está en el último lugar, como casi siempre estamos en estas evaluaciones, y hablamos de los últimos diez años; es decir, los gobiernos panistas actuales han sido

Premio Kalinga para la Divulgación de la Ciencia

En 1950 el industrial, aviador y político hindú Biju Patnaik donó fondos a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) con la finalidad de crear el Premio Kalinga, con el objetivo de distinguir una labor excepcional en el campo de la divulgación científica. El que recibe este premio debe demostrar haber contribuido al mejoramiento del bien común, al enriquecimiento de la vida cultural de los pueblos y a la solución de los problemas de la humanidad.

El premio es otorgado durante la celebración del Día Mundial de la Ciencia en los años noes, y en los años pares se entrega en Nueva Delhi, India. El galardonado recibe un reconocimiento económico y la medalla de plata Albert Einstein de la UNESCO, además de la titularidad de la cátedra Ruchi Ram Sahni, creada en 2001 por el gobierno de India para conmemorar el quincuagésimo aniversario del Premio Kalinga.

Algunos de los científicos y escritores o periodistas de la ciencia que han recibido este galardón son Luis Estrada Martínez, Jorge Flores Valdés, Julieta Fierro Gossman, Marcel Roche, Marisela Salvatierra, Louis de Broglie, Bertrand Russell, Konrad Lorenz, Peter Medawar, Karl Von Frisch, Julien Huxley, George Gamow, José Reis, Oswaldo Frota-Pessoa, Pierre Augier, Yves Coppens y George Porter.

Gasto del gobierno mexicano en investigación científica					
Inversión en Investigación de enero a noviembre del 2011 (en millones de pesos)					
Tipo de Fondo	3 fondos institucionales	20 fondos sectoriales	34 fondos mixtos	1 fondo de cooperación internacional	Total
Conacyt	4,470.07	4,849.94	3,903.23	131.98	13,355.23
Contraparte*		12,421.58	3,026.28	79.59	15,527.45
Otros	1,932.79	646.83			2,579.62
Total	6,402.86	17,918.35	6,929.51	211.58	31,462.30

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) aportó el 43 % de los recursos y sus contrapartes* el 49% mientras que el 8% restante lo realizaron otros aportantes.

El gasto total de un país en ciencia y tecnología tiene tres modalidades: a) el que corresponde con la educación y la enseñanza científico-técnica, b) el de los servicios científicos y tecnológicos y c) la Investigación y Desarrollo Experimental (o sea, el GIDE por sus siglas en inglés)

Con base en cifras estimadas, en 2010 la inversión pública y privada en investigación y desarrollo experimental (GIDE), sumó 52,387.6 millones de pesos.

Durante 2010 la inversión federal en ciencia y tecnología sumó 47,373.3 millones de pesos, cifra similar en términos reales a la ejercida en 2009. El monto representó el 0.36% del Producto Interno Bruto.

*El término contraparte se refiere a diferentes instituciones de los sectores público y privado que aportan fondos complementarios a la investigación.

Fuente: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Situación de los Fondos Conacyt, informe a noviembre de 2011.

gobiernos fracasados, el modelo económico está equivocado y, en particular, los últimos gobiernos han descuidado muchísimo a la ciencia y la tecnología, porque paulatinamente han reducido la inversión en estos rubros, por lo que hoy estamos en los niveles más bajos en la historia del país.

E: —¿Cuál sería el futuro del país?

RD: —Si esto sigue así, México no tiene futuro, pues de hecho ha perdido competitividad; estamos en el nivel 56 en competitividad y eso implica que los jóvenes no tienen futuro, sobre todo los que se acercan a la ciencia, y quizá quienes quieren acercarse a la ciencia son jóvenes inteligentes que perciben y conocen cosas, que están informados y dicen: “¿Para qué voy a ser científico en este país si no tengo oportunidades?” Y es que el país no les ofrece las oportunidades necesarias para que lo hagan; por otro lado, se cancela el futuro de muchos estudiantes mexicanos y con eso el futuro del país, es decir, éste está hipotecado.

De hecho, es interesante que la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) muestre estadísticas con dos índices que son significativos en México, uno se llama el **índice de dependencia** y el otro **índice de inventiva**. En nuestro país el índice de dependencia tiene un factor como de 25 y en el de inventiva de 0.05; Japón, por ejemplo, es exactamente a la inversa: el índice de dependencia es de 0.5 y el índice de inventiva de 24 o 25, y así hay muchos países. Con esto, México no sólo pierde el futuro sino la soberanía, porque la ciencia tiene que ver con la soberanía, con la capacidad de enfrentar los retos que tiene el país con recursos, desarrollos y conocimientos propios, y no con la necesidad de importar o comprar todo lo que viene de fuera.

E: —¿Por qué dependemos del extranjero?

RD: — Porque no se invierte en las energías alternas; para no ir muy lejos: eso ocurrirá cuando se nos acabe el petróleo. ¿Qué podemos hacer? Necesitamos desarrollar nuestras tecnologías al-

ternas con empresas mexicanas, paraestatales dependientes del gobierno para que se desarrollen aquí y no tengamos que importarlas.

La fuga de cerebros va asociada con todo eso: si un joven se doctora y aquí no tiene una plaza o no le dan un trabajo, con frecuencia busca en el extranjero, ahí los contratan, se van, les dan oportunidades y dicen “¿Para qué me regreso?”; entonces se quedan allá.

Pero no traemos extranjeros, porque ellos no vienen. Lo que sucede es que formamos jóvenes a quienes se les dan becas, se invierte mucho en formación de recursos humanos para que no se vayan al extranjero, pero no los retenemos; por ejemplo, los chinos tienen a 100 mil jóvenes estudiando doctorados en el extranjero y a todos los tienen de regreso; nosotros los formamos y cuando terminan no hay oportunidades, o muy pocas, quizá algunos tienen suerte y se quedan, pero muchos se van. Entonces nosotros invertimos en formarlos para que otros los aprovechen.

E: —¿Cuáles son los obstáculos para divulgar la ciencia?

RD: —La divulgación de la ciencia en realidad es un tarea compleja. Hay muchas maneras de divulgar la ciencia. Una de ellas es publicar revistas; pero el problema es que contienen artículos de cierto nivel o para un determinado sector de la sociedad que está interesado en informarse sobre temas científicos; sin embargo, hay divulgación de otra naturaleza, la cual considero que debe hacerse así, como lo hemos hecho en esta administración, donde nos acercamos a toda la población a través de los diferentes medios.

No todos están interesados en ofrecer espacios y sólo se consiguen poco a poco, pero no hay interés en la divulgación por parte de los medios de comunicación ni de las grandes empresas, y es poco el tiempo que nos ofrecen. A pesar de ello es necesario llegar a todos los que se pueda; pienso

que la UNAM hace un gran esfuerzo en distintos ámbitos, muy loables todos, porque es una gran labor la de divulgar la importancia de la ciencia.

E: —¿Qué repercusión ha tenido esto en la sociedad?

RD: —Pues es algo difícil de medir; se necesitaría saber si ha mejorado, a partir del trabajo de la propia unam, la percepción de la ciencia en nuestra sociedad. Sería interesante hacer una encuesta, aunque nosotros hicimos una cuando entramos a esta administración, la organizó el Instituto de Investigaciones Sociales en la zona metropolitana, y los resultados fueron bastante deprimentes, porque nadie conocía ningún instituto de investigación ni pudo nombrar ningún instituto de investigación; de hecho, 48% de la gente no sabía qué eran las siglas UNAM, no sabía qué querían decir, lo cual me sorprendió mucho, ya que es la zona metropolitana, y quizá muchos conocen a la unam tan sólo por los pumas, por el fútbol, no por otras cosas.

Hay países en el mundo que tienen museos de ciencia y tienen unos tres o cuatro millones de visitantes al año, y se da en ciudades más pequeñas que la nuestra; aquí tenemos una afluencia realmente baja, sólo espero que con el tiempo esto mejore y se modifique la mentalidad de los jóvenes, de las demás personas... Pero todo esto ocurrirá, forzosamente, sólo si hay una visión más integral de la ciencia, la tecnología, si el gobierno federal impulsa más decididamente estas actividades.

Espero que antes de que llegue el año 3 mil hayamos resuelto todos estos problemas.

Nota

1. Lucía Laura Muñoz Corona, *Plan General de Desarrollo 2010-2014*, Revista electrónica (1) 8, 2010. Véase <http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Plan%20General.pdf>

Las sociedades científicas en México

PATRICIA ROSAS BECERRIL

Un caso particular, la Sociedad Mexicana de Historia Natural

Cuando enseñamos ciencia, recordamos a grandes científicos como Linneo, Darwin, Mendel, Oparin, Watson y Crick, entre otros, quienes nos legaron saberes que son la base de la construcción del conocimiento actual o de muchas más incógnitas por estudiar. Sin embargo, ¿quién recuerda a José Antonio Alzate y Ramírez y sus aportaciones en medicina y ciencias naturales, o a José Mariano Mociño, médico y botánico que formó parte del grupo que recorrió el virreinato de la Nueva España en la expedición de Martín Sessé? Éstos fueron hombres de gran conocimiento y formación que dejaron en

la ciencia un gran legado histórico que habla de la gran riqueza natural de México, difundida por medio de las instituciones o sociedades científicas que se forjaron en épocas pasadas.

Tal es el caso de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, que fue formada por personajes tanto del ámbito científico como del político, económico o cultural y que debemos recordar como un gran antecedente de la ciencia en México.

Un poco de historia

El desarrollo de la ciencia, en cierto momento, está determinado por un marco socioeconómico en el que se pueden identificar intereses político-nacionales que favorecen o no el avance científico.



En el siglo XIX las condiciones sociales y económicas por las que México pasaba perturbaban la tranquilidad y los medios que la investigación científica requería, lo que se manifestó en una ciencia desmantelada y poco articulada en comparación con la que se impulsaba en Europa.

El triunfo del movimiento de Independencia significó para la historia de México un momento decisivo en todos los órdenes. Surgía un país con la necesidad de organizarse como nación, con la posibilidad de crear sus propias instituciones, algunas de ellas sobre las ya existentes de la época colonial o sobre sus propios cimientos, acordes con las nuevas demandas sociales; fue una transición institucional que se manifestó en la educación superior del periodo postindependentista.

Para la ciencia, sin embargo, los primeros años de la joven república fueron difíciles debido a las guerras civiles, los pronunciamientos militares y las invasiones extranjeras, que llevaron a los intelectuales mexicanos a intervenir en la organización del país en aspectos políticos, económicos y administrativos.¹

El movimiento trajo consigo la decadencia de algunas instituciones coloniales de educación científica, que se vieron aisladas y afectadas en su organización administrativa por cuestiones políticas, lo que ocasionó que recibieran poca información científica del extranjero. Un ejemplo fue el Real Seminario de Minería de la Nueva España, también llamado Colegio Metálico o de Minería, fundado el 1º de enero de 1792 y que se ubicaba en una casa vecina al hospital de los agustinos descalzos (Hospicio de San Nicolás, actualmente calle de Guatemala número 90) y que en 1811 cambió su sede al Palacio de Minería.

El Seminario de Minería se fundó con la intención de fortalecer la enseñanza de nuevos métodos científico-técnicos para mejorar la explotación minera. Su fundador fue don Fausto

Elhúyar y de Zúdice, presidente y director general del Real Tribunal de Minería en esa época. Dentro de los primeros docentes del seminario encontramos a don Andrés Manuel del Río, quien trabajó con Lavoisier en Francia, y que en el Seminario de Minería estuvo a cargo de las clases de mineralogía, geología, ciencia de las rocas y arte de minas. Otro personaje importante del seminario fue Ludwig Linder, profesor de química que, en 1796 pasó a formar parte de un grupo de mineros alemanes llamados por Elhúyar para modernizar la industria minera en la Nueva España.

Y no hay que olvidarnos de Alejandro von Humboldt, quien del 12 de abril de 1803 al 19 de enero de 1804 realizó tres estancias en el Real Seminario de Minería para desarrollar actividades de revisión y análisis de información, elaboración de cartas y mapas de la Nueva España; además redactó notas para cursos, dictó conferencias y participó en exámenes prácticos para la obtención de títulos facultativos, actividades que propiciaron un intercambio de ideas con los profesores del seminario y que se vieron favorecidas debido a que Andrés Manuel del Río y Ludwig Linder fueron condiscípulos de Humboldt en la Academia de Minas de Freiberg.

De esta manera, el Real Seminario de Minería, considerado el antecesor de las escuelas de ingeniería y ciencias de México, trató de readaptarse y continuar como uno de los baluartes científicos educativos del país; sin embargo, también se vio afectado en sus recursos económicos, lo que provocó un bajo nivel de conocimientos y cursos irregulares que desembocaron en una desorientación académica y una producción científica deficiente que sólo se vio resguardada por el conocimiento de las generaciones anteriores.²

Así, México tuvo que pasar por un período de desfase científico en comparación con el resto del mundo y el único puente firme en esta etapa del

siglo XIX fue la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística que, instaurada el 18 de abril de 1833 por el presidente Valentín Gómez Farías, se consideraba la primera en América y la cuarta en el mundo. Esta sociedad ha cumplido a la fecha 171 años de trabajo académico.

Algunos de los aportes de la Sociedad fueron la elaboración de la primera Carta General de la República, el Atlas y el Portulano. Por su iniciativa, el gobierno expidió las leyes para determinar los nombres geográficos de las ciudades y otros lugares de la República Mexicana, y estableció la legislación para la protección de bosques y conservación de monumentos arqueológicos como propiedad nacional, lo que marcó una idea de desarrollo y nos condujo hasta la mitad del siglo XIX, cuando se produjo una mayor actividad científica que abarcó no sólo el trabajo individual sino también el comunitario. Así, México entró a la década de 1860 con la apertura de la Escuela Nacional Preparatoria y el trabajo de los positivistas, quienes se empeñaron en que la ciencia en México se destacara internacionalmente. Después de 1867 se incrementaron las sociedades y las asociaciones científicas que, mediante sus publicaciones, hicieron un gran esfuerzo para poner al día a los miembros de estos grupos y estimular el interés por las ciencias naturales.

Fue así como nacieron agrupaciones científicas como la Sociedad Mexicana de Historia Natural, que tuvo gran influencia en la difusión del conocimiento de la naturaleza.

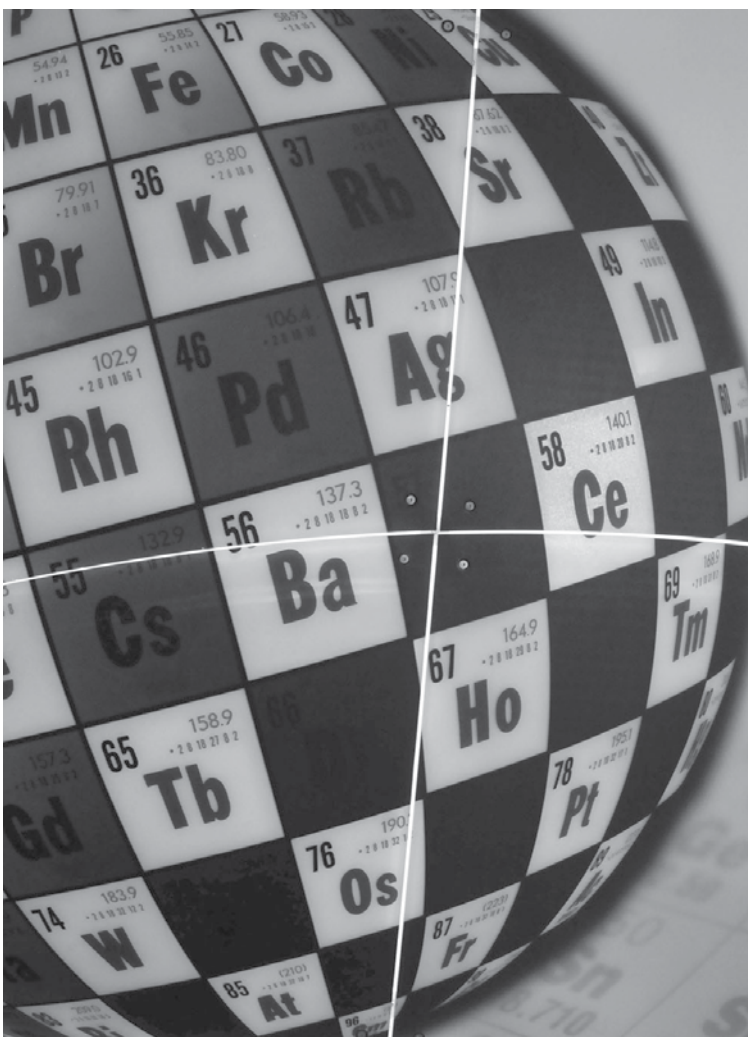
La Sociedad Mexicana de Historia Natural: origen y desarrollo

El antecedente de la Sociedad Mexicana de Historia Natural se encuentra en el programa de Napoleón III, cuya inspiración está en las investigaciones científicas que Napoleón I llevó a cabo

en Egipto durante su invasión. Este programa lo hacía ver como un emperador interesado en fomentar la ciencia y la historia, y ¿qué mejor oportunidad que contar con México, un país con un pasado prehistórico desconocido de riqueza incalculable? Para ello, se formó una comisión encargada de estudiar y rescatar las obras intelectuales, los estudios históricos y científicos. Así, el 27 de febrero de 1864 el emperador firmó el decreto para integrar la *Expedition o Commission Scientifique du Mexique* (1864-1869), cuyo órgano oficial en París se llamó *Archives de la Commission Scientifique du Mexique* (1865-1869), que reunió en tres volúmenes las observaciones y los trabajos realizados en los años que duró el Segundo imperio.

La Commission tenía metas, finalidades, áreas de estudio y personal de manera precisa y organizada. Diferentes comités llevaban a cabo las investigaciones presididas por el ministro de Instrucción Pública de Francia, Durey. La calidad y prestigio de la Commission hacía ver el interés que el gobierno había puesto en ella. Sus integrantes eran los científicos más destacados de Francia: el químico y naturalista Boussingault, el zólogo Milne-Edwards, el médico Larrea, el geólogo Guillemin, el etnólogo Brasseur de Bourbourg, el astrónomo Marié-Davy y el geógrafo Vivien de Saint-Martin, mientras que en México se encontraban como responsables Joaquín Velásquez de León, J. Fernando Ramírez, J. Burckhart de Bonn y Saussure de Ginebra.³

Como consecuencia de esta expedición se creó la Comisión Científica, Literaria y Artística, patrocinada por los franceses. En esta comisión intelectuales y artistas mexicanos se dedicaron a las ciencias, las letras y las bellas artes, lo que dio origen a que se constituyera la Comisión Científica Franco-Mexicana, el 29 de abril de 1864, cuyo presidente fue el ingeniero y coronel Doutrelaine.⁴



La Comisión Científica, Literaria y Artística de México, a imitación del Instituto de Francia, estaba formada por diez secciones independientes, bajo la dirección de un *Bureau*; los estudios abarcaban tanto la zoología y la botánica como las bellas artes, pintura, escultura, grabado y arquitectura. En 1865, Maximiliano decretó la instalación de un Museo Público de Historia Natural, Arqueología e Historia en un local anexo a palacio, lo que sirvió para fundar, el 29 de agosto de 1868, la Sociedad Mexicana de Historia Natural.⁵

La Sociedad nació como respuesta de una reducida pero activa comunidad científica, al desarro-

llo sin precedente que habían alcanzado las ciencias naturales en Europa y América en los primeros 60 años del siglo XIX. La sesión inaugural de la Sociedad fue el 6 de septiembre de 1868 y las palabras iniciales las pronunció su primer presidente, el ingeniero en minas Antonio del Castillo (1820-1895), quien dejó ver su posición republicana y nacionalista al decir: “Porque no sería conforme con nuestra noble aspiración que dejáramos a otras naciones el mérito de venir a recoger la gloria de la empresa”.⁶ La agrupación reunió tanto a liberales como a conservadores que se sentían los herederos de una rica tradición científica que debían continuar.

En el discurso inaugural se establecieron las bases y propósitos sobre los cuales trabajaría la Sociedad: dar a conocer la historia natural de México y, por consiguiente, fomentar su estudio en todas sus ramas y aplicaciones; reunir y publicar trabajos de profesionistas nacionales y extranjeros relativos a los productos indígenas, y formar colecciones de objetos pertenecientes a los tres reinos de la naturaleza.⁷

Desde sus inicios la Sociedad estuvo integrada por militares, ingenieros, químicos, agrónomos, veterinarios y farmacéuticos.

Era una asociación que permitía la integración de nuevos miembros, cuyo requisito fuera tener vocación científica e inclinación hacia la investigación y la docencia. Sus fundadores establecieron varias secciones: zoología, botánica, mineralogía, geología y paleontología, ciencias auxiliares y agricultura, en las que trabajarían los 181 miembros de la Sociedad, los cuales estaban integrados de la siguiente manera:

Veinticinco socios numerarios, entre los que se encontraban los diez fundadores: José Joaquín Arriaga (1831-1896), Antonio del Cas-

tillo (1820-1895), Francisco Cordero y Hoyos (?-1878), Alfonso Herrera (1838-1901), Gumerindo Mendoza (?-1883), Antonio Peñafiel (1839-1922), Manuel Río de la Loza, Jesús Sánchez (1834 o 1842-1911), Manuel Urbina (1843-1906) y Manuel M. Villada (1841-1924), así como los restantes numerarios no fundadores: Pascual Almazán (1813-1886), Gabino Barreda, Guillermo Hay, Lauro Mario Jiménez (1826-1875), Pedro López Monroy, Leopoldo Río de la Loza (1807-1876), José María Velasco (1840-1912), Miguel Iglesias y Jesús Manzano.

En total eran setenta y dos socios honorarios, que eran tanto hombres de ciencia como personas distinguidas en los campos de las letras o la política. Entre ellos estaban: Ramón Alcaraz, Ignacio Manuel Altamirano, Manuel Orozco y Berra (1816-1881), Manuel Payno (1810-1894), Guillermo Prieto, Ladislao de la Pascua (1815-1895), Blas Valcárcel (1830-1899), Mariano Bárcena (1842-1899), Manuel M. Contreras (1833-1902), Faustino Chimalpopoca, Porfirio Díaz, Francisco Díaz Covarrubias (1833-1889), José María Lagruga, Rafael Lucio Nájera (1819-1886), Ignacio Mariscal, Francisco Montes de Oca (1837-1885), Francisco Pimentel, José Salazar Illarregui (1823-1892), José María Vértiz y Delgado (1812-1876) e Ildelfonso Velasco (?-1884), muchos de los cuales fueron promovidos a numerarios.

La Sociedad también contaba con 80 corresponsales distribuidos en casi toda la República: Alfredo (1826-1910) y Eugenio Dugés (1833-1895), Ramón Almaraz, Leonardo Oliva (1814-1872), José María Vigil, Santiago Ramírez, Ignacio Blázquez (1830-1886) y Juan Dondé.

Y por último estaban los socios colaboradores que no necesariamente eran hombres de ciencia; su tarea era ayudar a la Sociedad mediante la recopilación de datos, elaboración de informes o el envío de especímenes para las colecciones.⁸

Debido a la labor constante de los miembros, la Sociedad adquirió nexos con veinticinco instituciones científicas tanto de Europa como de América, entre las que se encontraban el Instituto Smithsonian de Washington, la Academia Real de Ciencias de Estocolmo, la Real Sociedad de Ciencias de Copenhague, el Observatorio Imperial de Moscú, la Academia Imperial de Ciencias de San Petersburgo, la Real Sociedad Zoológica de Ámsterdam, la Real Academia de Ciencias de Berlín, la Academia Imperial de Ciencias de Viena, la Biblioteca del Jardín de Plantas de París, la Sociedad Geológica de Londres y la Real Sociedad Económica de la Habana.⁹

Originalmente la sede de la Sociedad fue el antiguo Museo Nacional de la Calle de Moneda en la ciudad de México, donde los miembros se reunían los jueves a las 6:30 de la tarde, en uno de los salones que la Sociedad tenía en el Museo, mientras que otro era ocupado por la biblioteca y las colecciones de historia natural. En las sesiones se leían dos trabajos, uno de la capital y otro del interior del país, y se discutían los resultados de las investigaciones. Esta programación aparecía en la cubierta de los fascículos de *La Naturaleza*, órgano de divulgación de la Sociedad.

Por medio de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, el Instituto Smithsonian enviaba a la Sociedad partidas de libros que permitían a los socios estar al tanto de las investigaciones científicas de otros países. Además, existían donaciones y adquisiciones que hicieron que la biblioteca tuviera en 1890 un abundante y selecto acervo de publicaciones científicas.

Respecto de las colecciones de historia natural, se comenzaron a formar desde la fundación de la Sociedad y estaban constituidas por aves, plantas, reptiles, conchas, fósiles, minerales, insectos, crustáceos, etcétera, que provenían de Orizaba, San Luis Potosí, Baja California, Zacate-

cas, Pachuca, Córdoba, Zimapán, El Oro, Ameca, Mérida, etcétera. En 1910 estas colecciones y la biblioteca pasaron a formar parte del Museo Nacional de Historia Natural, que se había separado de las secciones de arqueología e historia. Y con ello, la Sociedad quedó incorporada a esta nueva dependencia (1º de octubre de 1910).

Algo muy importante de la Sociedad fueron sus logros, los cuales quedaron plasmados en su célebre periódico *La Naturaleza*, que inició su publicación el 1º de junio de 1869 y se mantuvo durante 45 años (1869-1914), en los que a pesar de algunas interrupciones reunió más de 690 trabajos, 80 de los cuales son estudios biográficos e históricos de científicos mexicanos, y el resto, traducciones de artículos extranjeros como los de Darwin y Virchow, reediciones de publicaciones mexicanas antiguas sobre historia natural y trabajos originales de los socios.¹⁰

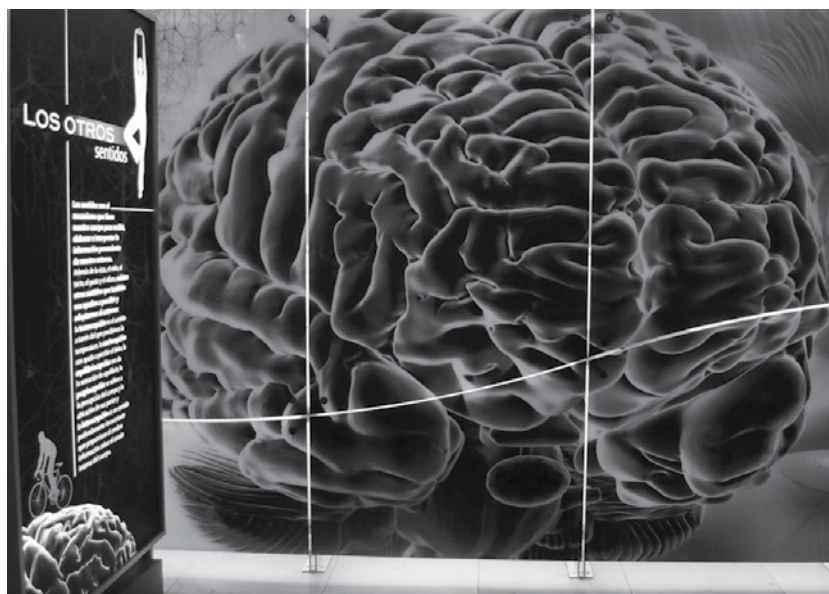
La Naturaleza constituye ha reunido hasta hoy once volúmenes integrados en tres series y dos periodos: el primero de 1868 a 1914, y el segundo se inició en 1936. La primera serie está constituida por siete tomos (de 1869 a 1887), la segunda

contiene tres (de 1887 a 1899) y la última sólo uno (de 1910 a 1914). En 1914 el título de la publicación se modificó a *La Naturaleza, periódico científico del Museo Nacional de Historia Natural y de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*.

En 1903, los problemas económicos y la muerte de la mayoría de los socios fundadores y algunos de los más activos provocaron que se suspendiera la publicación de la segunda serie de *La Naturaleza*. Con esto, obras como la *Ornitología Mexicana*, de Alfonso L. Herrera, no se publicaron completas, y aunque el periódico no desapareció, gracias al apoyo de Manuel M. Villada y Jesús Sánchez, sí redujo sus actividades.

Finalmente, en 1914 la Sociedad Mexicana de Historia Natural y *La Naturaleza* desaparecieron definitivamente del escenario científico de México. Sería hasta 1936 que, por iniciativa del doctor Enrique Beltrán, dio inicio la segunda etapa de la Sociedad con algunas modificaciones en sus bases.¹¹

A pesar de sus tropiezos, la Sociedad fue un órgano de difusión y colaboración entre los científicos más importantes del momento, y el reco-



nocimiento que obtuvo fue más allá de las fronteras nacionales. Así lo demuestra un artículo de M. Blanchard, secretario general de la Sociedad Zoológica de Francia, publicado el 13 de mayo de 1882 en la prestigiada *Revue Scientifique*. El texto dice:

Las publicaciones científicas que nos llegan de los países de origen español son raras y de muy poca importancia. Por eso ahora, con gran satisfacción, llamamos la atención sobre el periódico *La Naturaleza* que publica la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Este periódico, casi desconocido en Europa, merece por varios motivos ocupar un lugar honorífico en nuestras bibliotecas científicas. La mayor parte de los trabajos que contiene son muy interesantes y para dar una idea de su importancia, bastará decir que es en esta publicación donde A. Dugés, E. Dugés, Simichrast y Jesús Sánchez, para no citar más que a los principales ecologistas, dan a conocer los resultados de sus investigaciones sobre la fauna mexicana.¹²

Este fue uno de los más grandes elogios recibidos por una publicación, que ni entonces ni ahora ha gozado alguna otra, lo cual pone de manifiesto la importancia que llegó a tener *La Naturaleza*¹³ y el desarrollo que alcanzó la Sociedad Mexicana de Historia Natural con la participación de destacados científicos mexicanos.

Notas

1. Elías Trabulse, *José María Velasco: Un paisaje de la ciencia en México*, Instituto Mexiquense de Cultura, México, 1992.
2. *Ibid.*
3. Elías Trabulse, *Historia de la ciencia en México. Estudios y textos. Siglos XVI, XVII, XVIII y XIX*, 4 vols., Fondo de

Cultura Económica, México, 1983-85.

4. Juan Somolinos-Palencia, "Todo en José María Velasco es historia natural", en *Gaceta médica de México*, vol. 126, núm.3, 1990, pp. 239-244.
5. *Ibid.*
6. Véase Juan Somolinos-Palencia, "Todo en José María Velasco..." *ibid.*; Elías Trabulse, "Aspectos de la obra científica de José María Velasco", en *José María Velasco. Homenaje*, UNAM, México, 1989, pp. 123-180; María Elena Altamirano Piolle, "José María Velasco. Científico", en *Ciencias*, ene-mar de 1997, núm. 45, pp.32-35.
7. Véase Elías Trabulse, *ibid.*; Juan Somolinos-Palencia, "Todo en José María Velasco...", *ibid.*; y P. María Elena Altamirano Piolle, *ibid.*
8. Juan Somolinos-Palencia, *op. cit.*; Elías Trabulse, *José María Velasco...*, *op. cit.*; y María Elena Altamirano Piolle, *ibid.*
9. Elías Trabulse, *José María Velasco...*, *op. cit.*
10. *Ibid.*
11. Elías Trabulse, "Aspectos de la obra científica...", *op. cit.*
12. En *La Naturaleza*, primera serie, citada en Elías Trabulse, *ibid.*
13. *Ibid.*

Bibliografía

- ALTAMIRANO PIOLLE, María Elena, "José María Velasco. Científico", en *Ciencias*, ene-mar. de 1997, núm. 45, pp.32-35.
- SOMOLINOS-PALENCIA, Juan, "Todo en José María Velasco es Historia Natural", en *Gaceta médica de México*, vol. 126, núm.3, 1990, pp. 239-244.
- TRABULSE, Elías, *Historia de la ciencia en México. Estudios y textos, siglos XVI, XVII, XVIII y XIX*, 4 vols., Fondo de Cultura Económica, México, 1983-1985.
- "Aspectos de la obra científica de José María Velasco", en *José María Velasco. Homenaje*, UNAM, México, 1989, pp. 123-180.
- *José María Velasco: Un paisaje de la ciencia en México*, Instituto Mexiquense de Cultura, México, 1992.

Enseñanza-aprendizaje de Matemáticas en el bachillerato

Bases teóricas

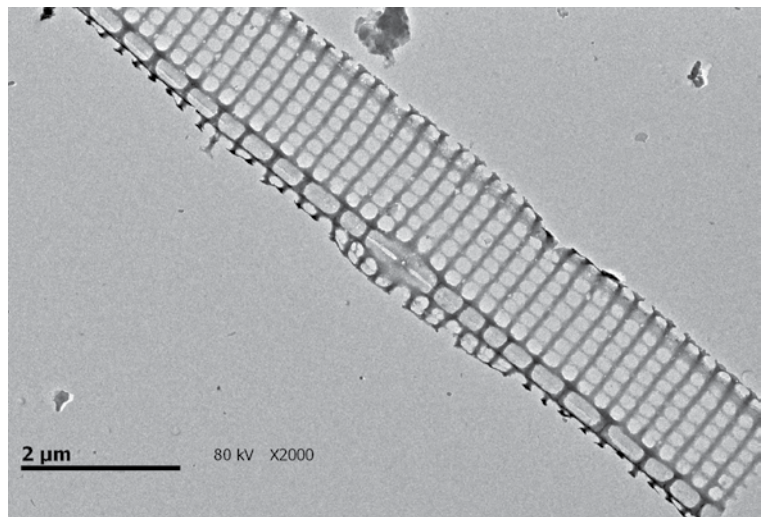
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN
MATEMÁTICA EDUCATIVA HIPATIA

JUANA CASTILLO PADILLA
REBECA ÁNGELES LÓPEZ,
JORGE GÓMEZ ARIAS
MANUEL ODILÓN GÓMEZ CASTILLO
EDGAR EFRÉN LÓPEZ TORRES

El Grupo Hipatia del Área de Matemáticas del CCH, Plantel Vallejo, ha construido una propuesta educativa que representa la nueva etapa de un proceso iniciado hace cuatro años, cuando por medio de un seminario trabajamos en la construcción del marco conceptual con el que elaboramos sendos paquetes didácticos, el correspondiente a Matemáticas I y el de Matemáticas II, en cumplimiento con lo diseñado en nuestro Proyecto Infocab SB100207.

En el segundo y tercer año de nuestro trabajo de investigación en matemática educativa, organizamos los diplomados Enfoque didáctico y pedagógico en Matemáticas I (y luego en Matemáticas II), con base en una teoría de la actividad, en los cuales transmitimos a los profesores de Matemáticas I y II del Plantel Vallejo el marco con-

ceptual y los paquetes didácticos elaborados en el año en que comenzamos este proceso. Para la divulgación, análisis y validación de los paquetes didácticos establecimos una modalidad desusada consistente en combinar en forma simultánea los trabajos dentro de los diplomados con la aplicación de los paquetes por los profesores asistentes en sus respectivos cursos regulares, cuyas expe-



riencias dieron retroalimentación a su vez las reflexiones de los diplomados, con resultados bastante satisfactorios.

Este estilo de trabajo ha propiciado que nuestra propuesta educativa haya adquirido alcances que pueden incluso llegar a reformular el sentido y la orientación del Área de Matemáticas del CCH. La posibilidad de que la propuesta alcance tal amplitud radica en que está enfocada directamente en el trabajo de las prácticas docentes concretas porque su propio marco teórico así lo exige.

Por eso, nuestro Proyecto Infocab PB101311 está en operación desde junio de 2010 en el Seminario de Formadores de Profesores de Matemáticas I, contando con la base de un material específicamente reelaborado para ello, o sea, la segunda edición, corregida y aumentada, de nuestro Paquete Didáctico para Matemáticas I.

Un objetivo del nuevo proyecto es el de lograr el mejoramiento significativo del aprendizaje de las matemáticas. Al mismo tiempo, otro objetivo fundamental del seminario es constituir un organismo colegiado de nuevo tipo, apto para trabajar de manera simultánea en las aulas (cursos regulares) con los alumnos y en la formación de un grupo de docentes para que, a su vez, éstos se preparen para formar y actualizar al resto de la planta docente de los profesores de matemáticas del Plantel Vallejo, sobre la base de una nueva propuesta pedagógica y didáctica que en cursos anteriores ha mostrado bastante eficacia en la superación de los problemas del aprendizaje de las matemáticas en dicho plantel. Para esta ocasión, hemos elaborado una didáctica concreta con el fin de mostrar en forma pormenorizada la manera en que el paquete didáctico desarrolló estas nociones en cada una de las actividades diseñadas para el aprendizaje. Es decir, que en cada acción los conceptos, las definiciones, los ejemplos y los ejercicios tienen una justificación didáctica y pe-

dagógica enfocada en el aprendizaje, lo cual ayuda a los profesores a interiorizar las bases de la metodología empleada y a reflexionar continuamente sobre su propia concepción de lo que es la matemática educativa y de su importante y multifuncional papel en el aprendizaje de sus alumnos.

De este modo, nuestra propuesta educativa se inscribe en lo establecido en el Rubro 1C del Protocolo de Equivalencias, que consta de tres elementos: un marco conceptual, material de trabajo para el aprendizaje de los alumnos y una didáctica concreta para guiar a los profesores en la aplicación de la metodología desplegada en el material de trabajo.

Como ya se dijo, hemos cimentado nuestra propuesta educativa en una nueva metodología enfocada a reorientar y actualizar la misión, la filosofía y el modelo del Colegio, con base en lo cual se organizan las labores de aprendizaje en actividades, compuestas a su vez de acciones, cada una de las cuales tiene su fin particular orientado hacia el fin general de la actividad en su conjunto.

A continuación se expondrá el marco conceptual que ha sustentado los trabajos del grupo Hipatia a lo largo de estos cuatro años.

Los principios filosóficos generales son:

- Las condiciones materiales de vida y de trabajo determinan las ideas, valores y actitudes de las personas dentro de una sociedad dada. O lo que es lo mismo, es la práctica social la que determina las formas y el contenido de la conciencia social y, de manera indirecta, la de las personas individuales. Y, a la inversa, en un momento posterior la conciencia social (la ciencia, las ideologías, el arte) también influye sistemáticamente en la práctica social.
- El origen y desarrollo del ser humano, la transformación de los homínidos en se-

res humanos, se debió al desarrollo de su práctica social productiva. La capacidad cerebral fue una condición necesaria, pero insuficiente por sí misma, para dicha transformación.

- Siendo el ser humano un ser eminentemente social, sus capacidades de desarrollo intelectual y aprendizaje (incluido el de las matemáticas) sólo pueden desarrollarse en un entorno socialmente adecuado (las instituciones escolares en este caso); y siendo un ser productivo, la forma psicológica ideal para su aprendizaje es la actividad.
- A lo anterior hay que agregar que los conceptos son el reflejo ideal y abstracto en nuestro cerebro de las propiedades básicas de los objetos reales; los conceptos científicos reflejan objetivamente esas propiedades, si bien en forma parcial aunque suficientemente adecuada.
- El aprendizaje es posible porque el conocimiento científico también lo es.

Para continuar con los aspectos teóricos generales, la categoría fundamental de nuestra propuesta pedagógico-didáctica es la del aprendizaje significativo, que se fundamenta en los siguientes postulados:

El aprendizaje puede entenderse, junto con la investigación, como una forma fundamental de adquisición de conocimientos, y el aprendizaje alcanza su expresión más acabada de desarrollo en el sistema escolar. Afirmar el carácter histórico-social del conocimiento no excluye dejar de reconocer el papel de los individuos en el mismo.

Desde el punto de vista sistémico, podemos caracterizar al aprendizaje como una modificación adecuada y estable del sistema general que llamamos la conciencia, cambio que surge como efecto de una serie de transformaciones en las activida-

des de los subsistemas tales como el cognoscitivo, el imaginativo, el valorativo, el de autocontrol y el neuromotor, es decir, como dice Itelson, es “una modificación adecuada y estable de la actividad que surge gracias a una actividad precedente y no es provocada directamente por reacciones innatas del organismo”.

En el aprendizaje significativo los cambios que se dan en el subsistema cognoscitivo incrementan la información que maneja cada individuo, así como también sus capacidades de trabajar esa información en niveles de abstracción y generalización cada vez más altos, con lo cual aumentan sus aptitudes para que él mismo generalice y haga abstracciones de alto nivel con la información que posee.

Las modificaciones en el subsistema imaginativo aumentan las capacidades personales de trabajar con la información en condiciones ideales, de transformar idealmente sus condiciones y de anticipar nuevas condiciones —al igual que nuevas relaciones entre ellas— y nueva información no conocidas.

Las transformaciones en el subsistema valorativo enriquecen el contenido y elevan el nivel de la visión del mundo del estudiante y el de los valores, ideales y convicciones inherentes a ella.

El desarrollo del subsistema de autocontrol incrementa las posibilidades de reconocimiento de las propias potencialidades y limitaciones actuales y va aparejado al creciente dominio de sus aptitudes de atención, concentración y formación de hábitos.

En el subsistema psicológico neuromotor, el uso adecuado de la calculadora y la computadora aceleran notablemente la automatización de tareas y operaciones, cuyo nivel de abstracción se eleva correlativamente al avance de los demás subsistemas.

Lo esencial de esta propuesta radica en la organización secuencial de los ejemplos, ejercicios y

problemas de manera que se va guiando el razonamiento de los alumnos de tal modo que ellos, apoyados en las orientaciones adecuadas de los profesores, van aprendiendo los significados de los conceptos y operaciones matemáticos que son el objeto de su trabajo.

Para efectuar esta organización secuencial se aplica la lógica del aprendizaje a la lógica de la disciplina de modo que, siguiendo una lógica imprecisa (no formal pero sí rigurosa), el estudiante avanza de los significados más intuitivos y empíricos a los teórico-matemáticos, como se verá adelante.

Naturalmente la sola organización secuencial abstracta no es suficiente, pues debe conjugarse con los contenidos concretos de cada ejemplo, problema y ejercicio, lo cual implica que los razonamientos desarrollados en cada acción sigan los principios de la metodología propuesta, aspecto que analiza a fondo nuestra didáctica concreta.

La graduación en la complejidad de los ejemplos, junto con el empleo recurrente de variantes en las situaciones de ejemplos y problemas anteriores, son los dos mecanismos mediante los cuales se va dando continuidad a la secuencia del aprendizaje y se va pasando del nivel actual (NA) de la zona de desarrollo próximo (ZDP) al nivel potencial (NP), a lo cual ayuda también el uso de estrategias de solución de gran alcance conceptual, como por ejemplo, la superposición de escalas en el tema de fracciones, porque el alumno se va capacitando para usar los números en forma lógica, y también algorítmicamente, para modelar los problemas más diversos.

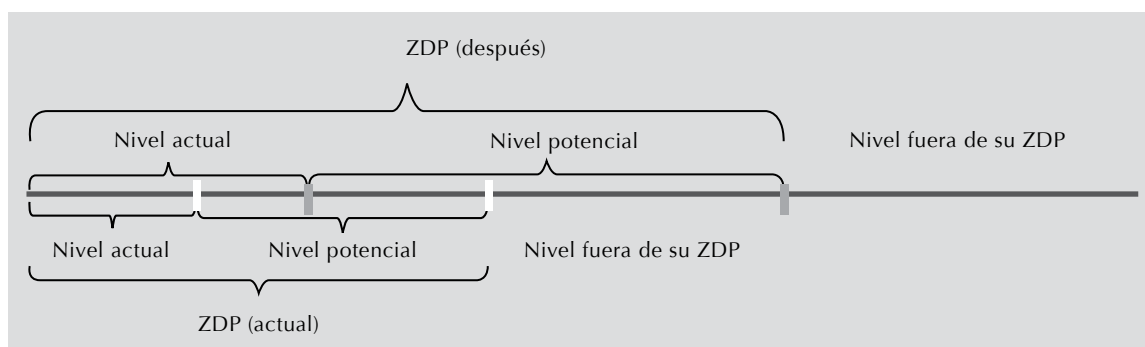
El empleo de la lógica imprecisa propicia que en forma sistemática el PD vaya presentando momentos en los cuales el estudiante tiene que decidir su respuesta (siguiendo los razonamientos de los ejemplos) a preguntas específicas intercaladas en la exposición. Ahora bien —inmediatamente después de formuladas estas preguntas—,

en ningún caso se deja sin presentar la solución o el razonamiento adecuado de lo que se acaba de preguntar, de manera que el alumno puede cotejar hasta qué punto está siguiendo correctamente el hilo de la exposición en el PD así como detectar, si los hubo, cuáles fueron sus errores y por qué cayó en ellos, o bien puede darse cuenta de que ha resuelto correctamente lo que se le preguntaba, con lo que se le reafirma el “motivo de logro” y la confianza en sus capacidades matemáticas.

La organización secuencial y el nivel en que se trabaja la ZDP también alientan el desarrollo de las capacidades psíquicas de los estudiantes, entre las cuales se destacan la percepción lógica, que ya hemos visto; la capacidad analítica (por ejemplo, en el descubrimiento y construcción de las escalas adecuadas a cada ejemplo y problema); la memoria lógica, por ejemplo en el momento de aprender significativamente los algoritmos con fracciones, con números racionales; y cierto nivel de razonamiento deductivo no radicalmente formalizado en la acción final de la actividad.

Se busca aprovechar todos los recursos del sistema escolar —desde el modelo y el currículo hasta las instalaciones y demás recursos físicos— para trabajar en lo que se llama la zona de desarrollo próximo, cuyos límites están dados por las actividades (resolución de problemas y ejercicios sobre un tema dado, por ejemplo) que el alumno puede hacer por sí mismo (nivel actual de capacidades) y aquellas que ya puede realizar pero solamente con el apoyo de sus profesores, sus compañeros y del material didáctico adecuado (nivel potencial de capacidades).

En lugar de mantener al alumno en el límite inferior de la ZDP, en su NA hay que trabajar constantemente lo más cerca posible del NP, o límite superior, buscando que este límite se dirija cada vez más hacia niveles más elevados. La siguiente gráfica resume lo que es la ZDP.



Las capacidades potenciales de las funciones psíquicas superiores (FPS) —la atención voluntaria, la memoria y la percepción lógicas, el intelecto, la voluntad, etcétera—, ubicadas dinámicamente en diversas áreas de la corteza cerebral son una condición necesaria, pero no suficiente, de la aparición y el desarrollo de la conciencia y la personalidad del individuo. El desarrollo de las FPS únicamente puede darse gracias a las relaciones inscritas en la práctica social. El sustrato material de las FPS es el cerebro, y el sustrato cerebral está compuesto por los diversos centros combinatorios funcionales que menciona el fisiólogo ruso Iván S. Pavlov.

La “plasticidad” es una característica de las FPS que se manifiesta en las variaciones de las rutas sinápticas y del carácter de las relaciones entre los nexos de las zonas centrales de la corteza cerebral; según Luria tales cambios ocurren de acuerdo con las etapas del desarrollo individual. Esta plasticidad cerebral explica por qué el ser humano es el único cuya capacidad de aprendizaje se da a lo largo de toda su vida.

La plasticidad fisiológica inherente a las FPS es la condición biológica de la plasticidad del comportamiento de los seres humanos. Nosotros, como todo ser viviente, actuamos conforme al mecanismo elemental estímulo-respuesta (E-R). Sin embargo el ser humano, ante uno o varios estímulos dados en el curso de su actividad, ha construido una serie de eslabones intermedios —las herra-

mientas o mediaciones entre las cuales Vygotsky considera el lenguaje en primer término por su importancia para el desarrollo intelectual— que le permiten desautomatizar el proceso E-R (salvo en casos muy simples, como en el contacto con una aguja, etcétera). La gran consecuencia de la desautomatización consiste en que los humanos podemos elegir entre varias o muchas respuestas posibles ante un estímulo, porque antes de responder trabajamos idealmente con la parte de la realidad con la que estamos actuando en la práctica. El comportamiento humano es mucho más impredecible que el del resto de los animales.

La importancia de la función del lenguaje en el proceso cognoscitivo tiene su base biológica en el hecho de que tanto esta función como la de la autorregulación del comportamiento humano y la del resto de las FPS residen en los lóbulos frontales del cerebro; además, como señala Luria, el funcionamiento de las FPS ubicadas en otras zonas corticales —como la parietal, la occipital o la temporal— siempre va acompañado de la ejecución de alguna función particular del lenguaje asociada a dicha FPS. En otras palabras, el lenguaje es la base de las formas más complejas de regulación del comportamiento propio interno y externo y, en menor medida, del ajeno.

Vygotsky parte de su conceptualización de los sistemas semióticos, es decir de los signos, en su calidad de herramientas y mediaciones para desa-

rollar su teoría del aprendizaje como un proceso que va de los significados particulares y empíricos de los conceptos y las operaciones a sus significados teóricos más generales y abstractos, teoría que parte de nociones más o menos elementales hasta llegar a complejos de definiciones (como cuando se pueden aplicar diversos significados de “número racional”, según sea la situación planteada en un problema dado).

Con esta visión estratégica, se trata de ir desde los sentidos personales que los alumnos tienen de los conceptos y operaciones que están a punto de aprender para aproximarlos metódicamente a sus significados teóricos y abstractos, para lo cual se suele empezar por los significados más accesibles a la intuición, experiencias y situaciones de los estudiantes. Por ejemplo, en el Paquete Didáctico de Matemáticas I se comienza el tema de los números racionales con el significado elemental de la relación entre el todo y sus partes para ir avanzando en los significados de dichos números como herramientas de medición —sin olvidar sus similitudes y diferencias con los quebrados— hasta llegar a sus propiedades matemáticas vistas como leyes o principios generales.

Para lograr una óptima eficacia en estas aproximaciones de los sentidos personales a los significados objetivos de los conceptos y operaciones que son el objeto del aprendizaje, debemos contar con una serie de herramientas que sirvan como mediaciones o herramientas semióticas (MS o HS), es decir que sean capaces de enlazar los sentidos existentes en el lenguaje del alumno para transformarlos poco a poco en un lenguaje propiamente matemático.

Para eso contamos con un conjunto de medios que van desde el pizarrón y el material de apoyo en forma de PD hasta las computadoras y programas diseñados para el aprendizaje de los temas matemáticos. Pero es necesario hacer que esos

medios sean significativos para el alumno, que sirvan como MS y vayan estableciendo vínculos entre el lenguaje (o sistema semiótico) de los problemas (que están expuestos en el lenguaje normal con que nos comunicamos a diario) y los lenguajes matemáticos (desde el de la aritmética elemental hasta el del álgebra de la ecuaciones cuadráticas con que se cierra el curso).

De este modo, la elaboración o selección y el uso de lenguajes accesibles a la intuición de los estudiantes (tablas, gráficas, árboles y diagramas) deben seguir la ruta del aprendizaje significativo. Por ejemplo, para la comprensión del significado operacional de “número primo”, el empleo de una tabla construida con Excel de seis columnas permite al alumno limitar su búsqueda a sólo dos columnas para localizar por eliminación los números primos de 3 a 200. No sólo se facilita el proceso operativo, sino que se afianza la relación entre mcm, MCD y número primo.

La estructura psicopedagógica de la actividad, de acuerdo con Leontiev, muestra cómo la lógica de la disciplina (que determina los objetivos generales así como los parciales de cada acción) se integra a la lógica del aprendizaje (que determina la selección y secuencia de significados para llevar a los alumnos de lo simple a lo complejo, de lo personal, intuitivo y empírico, a lo teórico-matemático, del nivel actual de la zona de desarrollo próximo al nivel potencial).

Si la actividad es el fundamento de un aprendizaje significativo, entonces una actividad viene a ser significativa sólo si:

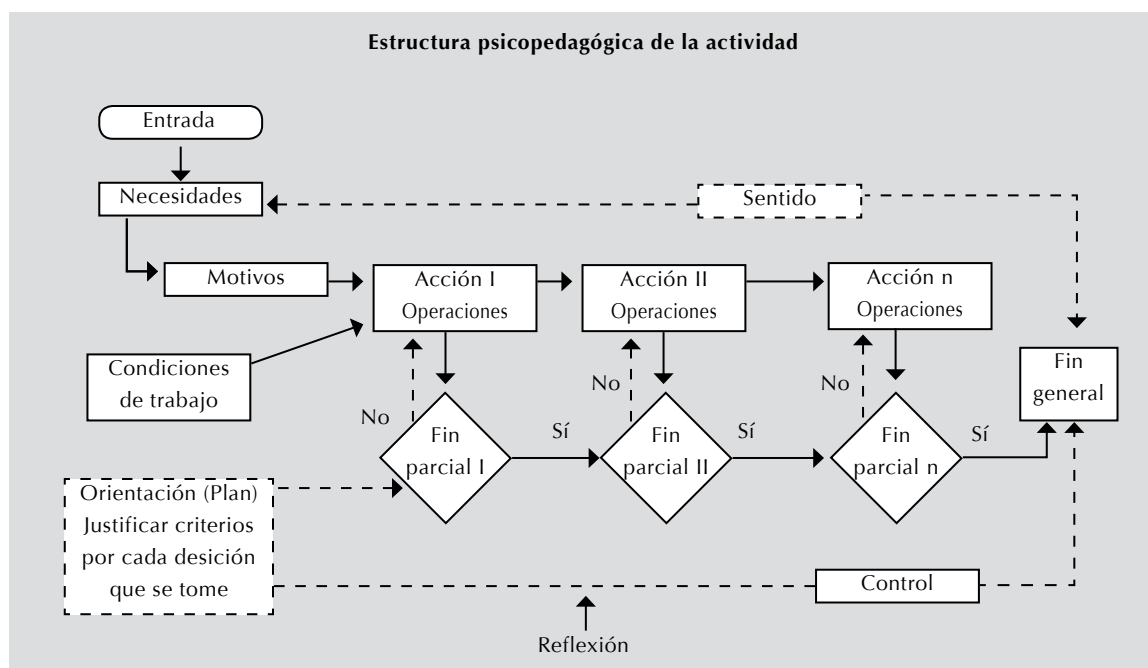
- Su contenido teórico tiene una relación de correspondencia con los significados prácticos de las acciones y operaciones de que la integran. Por ejemplo, que en la acción dedicada a introducir los significados de los números naturales, las características de

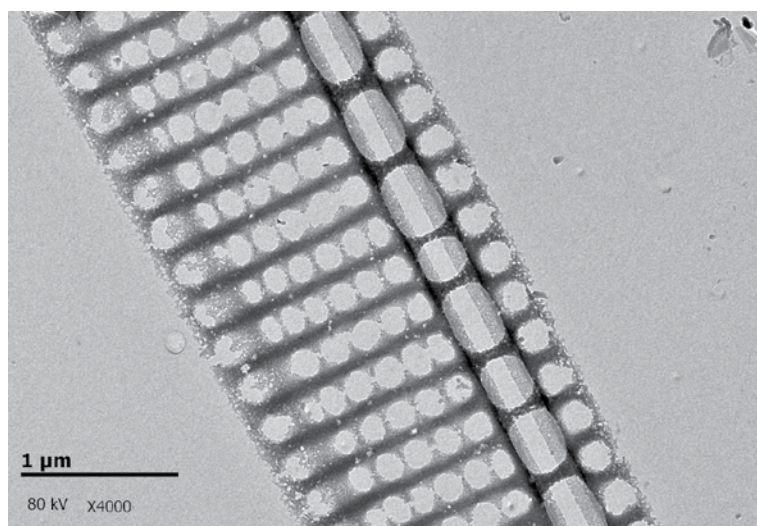
éstos sigan el desarrollo de la relación entre el todo y sus partes.

- Cuando se apoya en herramientas o mediaciones semióticas correctamente elaboradas y usadas.
- Toda actividad didáctica tiene una estructura psicológica bien definida, correspondiente a un modelo teórico general: posee fines o metas generales e incluye los fines particulares de cada una de las acciones que la componen. Los fines o metas son siempre de carácter cognoscitivo.
- Es preciso estructurar adecuadamente cada una de las actividades que componen una unidad temática o un curso determinados: su motivo, su fin último (etapas), sus fines intermedios (acciones) y sus condiciones (operaciones). Esto es lo que caracteriza una actividad bien orientada.
- Una acción es un conjunto de operaciones que poseen su propia finalidad, dependien-

do ésta del fin general de la acción en su conjunto.

- Una tarea es una pequeña acción “que se da en condiciones bien especificadas” para su cumplimiento dentro de una acción más general, dentro o fuera del salón de clase y cuyo desarrollo no viene expuesto en el paquete didáctico.
- Una operación es una acción que, al ser incluida dentro de otra acción, es automatizada.
- La orientación es la capacidad para definir los fines (general y parciales) de una actividad. El objeto de una actividad puede convertirse en un fin general cuando es un motivo del que se ha tomado conciencia (por ejemplo, cuando el alumno toma conciencia de que las matemáticas –objeto de las actividades del aprendizaje– son, por sí mismas, un gran motivo para aprender). Presentamos el modelo de Leontiev:





se muchísimo cuando se lo va haciendo consciente de dicho proceso) e incluso desarrolla sus capacidades psíquicas o funciones psíquicas superiores (FPS) —razonamiento, concentración, memoria y percepción lógicas, etcétera— que, como es sabido, en cada ser humano pueden seguir desarrollándose siempre.

Por último, pero no por ello menos importante, sabemos que los motivos de una actividad didáctica pueden ser afectivo-

Cuando el profesor consigue construir una actividad completa, con objetivos generales y parciales bien definidos, acompañados de orientaciones acertadas y motivos sistematizados adecuadamente, ha hecho la mitad del trabajo.

Lo más fino consiste en integrar la lógica de la actividad con la lógica de la disciplina: se trata de que las tareas y operaciones sigan una secuencia coherente y un desarrollo bien graduado y dirigido, lo cual exige del docente capacidades de atención para saber escuchar a sus alumnos, de persuasión para saber motivarlos y de orientación para saber darles pistas adecuadas en vez de resolverles los problemas. O sea, la enseñanza también es un arte y no hay un método que, con su sola aplicación, todo quede garantizado.

Por supuesto, se da por entendido que el profesor domina plenamente todos los contenidos de su enseñanza. Por lo mismo, es muy importante que él mismo vaya resolviendo los ejemplos y problemas del PD antes de llevarlos al salón de clase.

Es muy importante destacar que al ir desarrollando sus conocimientos partiendo de la base de los significados de los conceptos y las operaciones, el alumno va desarrollando también sus capacidades de aprendizaje (algo que puede potenciar-

emocionales (prejuicios hacia una disciplina), intelectuales (en los que se incluyen los cognoscitivos), sociales (influencia de los compañeros o el prestigio), etcétera.

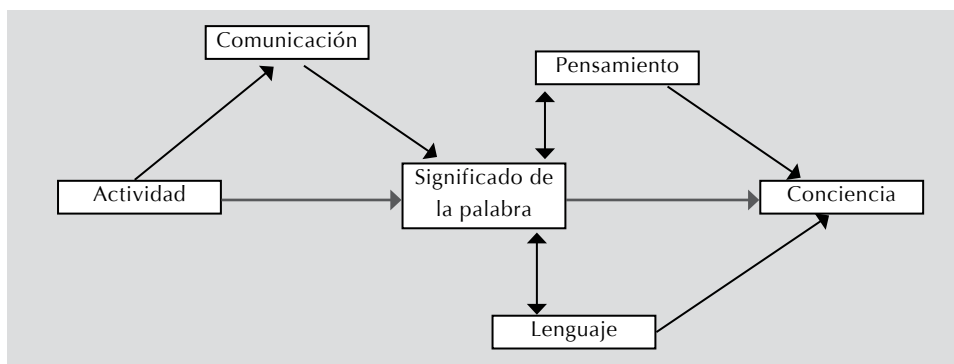
Todo estudiante del nivel educativo medio en adelante trae consigo —de manera sistematizada o rudimentaria, consciente o inconscientemente— un sistema de valores y conceptos que constituyen una visión del mundo; del grado de estructuración y conciencia de dicha cosmovisión se deriva un grado correlativo de estructuración de los motivos que impulsan o inhiben las actitudes cognoscitivas de cada estudiante: si el estudiante tiene una visión del mundo utilitaria e individualista, sus motivos de aprendizaje serán también sumamente limitados, pero si ha desarrollado una conciencia social elemental, su sistema de motivos puede enriquecerse mucho.

De la orientación que se dé a los motivos de una actividad, de la forma en que ésta se proponga a los alumnos, dependerá la toma de conciencia de sus motivos (adquiriendo un carácter voluntario y premeditado) —lo cual incidiría en la formación de su carácter—, así como el sentido (de cooperación o de individualismo, etcétera) de la jerarquización de los motivos como tales; todo esto a su

vez influiría en la formación de su personalidad, ideales, valores, etcétera. En suma, la motivación debe propiciar que los propios estudiantes construyan o reconstruyan sus sistemas de motivos.

En síntesis, veamos ahora el esquema general (definición dinámica) del aprendizaje significativo:

La siguiente Acción comienza con ejemplos donde se calculan variables como tiempo, distancia o combustible gastado por un automóvil, donde los procesos de medición se ven como particiones de la unidad, a partir de lo cual se trabaja con la estrategia de solución conocida como “su-



Un ejemplo final. Para concluir este trabajo, presentamos una versión sintética de la aplicación de este marco conceptual en el tema de los números racionales, tal como viene organizada en el Paquete Didáctico de Matemáticas I y en el desarrollo de una didáctica concreta que complementa el paquete dentro de nuestra propuesta educativa:

Para entrar a Números racionales se empieza viendo su modalidad más empírica, las fracciones, con un significado lógico y a la vez muy accesible a la intuición, la relación parte-todo y su representación en forma de quebrados: primero, con ejemplos visuales y, luego, con un ejemplo abstracto en el que el todo es un conjunto. Los ejercicios iniciales están centrados en el uso de la percepción lógica de los alumnos, de modo tal que, al llegar al Ejemplo 4, ya puedan realizar operaciones ideales con las figuras para descomponerlas y reconstruirlas

De una forma lógica se llega al significado de las fracciones propias e impropias y se completa la Acción con ejercicios de mayor grado de dificultad que los van elevando del nivel actual de la ZDP al nivel potencial.

perposición de escalas” con la cual se desarrolla la noción de “fracciones equivalentes” y la mecánica de simplificación de fracciones; una vez más, en los ejemplos subsecuentes se siguen desarrollando los conceptos ya vistos, pero elevando el grado de dificultad de su aplicación para llegar en forma natural a la lógica de la comparación de fracciones.

Al partir de la relación parte-todo y de su correlativa estrategia de superposición de escalas y una vez aprendido el significado de “fracción”, se pasa a ver, ya con un lenguaje más teórico (algebraico y geométrico), pero no lógico-formal deductivo, la multiplicación y la división de fracciones, con ejemplos tan variados y de grado de dificultad tan considerable que su solución por los estudiantes significa que ya están ubicados en la región más alta del NP de la ZDP y que su manejo del significado de las nociones y operaciones aludidas los capacita para resolver problemas de diversa índole. Con esto pueden ver otros importantes significados esenciales en los procesos de medición, como razón o porcentaje.

En la tercera Acción se da la transición del nivel intuitivo y empírico del tema al nivel teórico-matemático, cuando se estudian las diferencias fundamentales entre las fracciones y los números racionales, con lo cual ya se trabaja en forma directamente algorítmica las operaciones con los racionales, en el entendido de que cada movimiento aritmético continúa asociado a su correspondiente representación gráfica, así que lo intuitivo se fusiona con lo lógico.

La Acción final consiste sobre todo en el desarrollo de los números racionales, expuestos en una forma clásica, es decir, como sistemas numéricos generales y abstractos, donde los alumnos comprenden tanto las definiciones como los principios o leyes porque los han venido asimilando en forma inductiva a lo largo de toda la Actividad II y se estudian propiedades como la densidad, la distancia entre dos racionales y el valor absoluto, para concluir con su significado como decimales periódicos, que finalmente conduce al concepto esencial de “números reales”.

Todo lo anterior permite que el estudiante capte en todos sus alcances el significado operacional de las potencias y los radicales en la Actividad III que sigue.

Además de lo anterior, lo que hace del paquete didáctico una herramienta semiótica es precisamente su forma de organizar el material del aprendizaje (que a su vez se apoya en la correspondiente didáctica concreta que ayuda a los profesores a trabajar las actividades y acciones con sus alumnos e irles dando en forma constante las orientaciones adecuadas). Es decir, el paquete es un material de apoyo didáctico orientado al aprendizaje significativo.

Además, las gráficas, tablas y dibujos dejan de ser simples auxiliares del texto porque, como es muy claro en la superposición de escalas, adquieren la calidad de estrategias para la comprensión

del significado de situaciones problemáticas y para la solución de los problemas. Algo análogo se verá en las tablas y gráficas de la Unidad II cuando se vean la *variación directamente proporcional* y las *funciones lineales*.

La organización del material (que es en sí mismo una herramienta semiótica) ha transformado las tablas y las gráficas en instrumentos significativos para el aprendizaje porque los ha integrado en la cadena de razonamientos que se desarrolla a lo largo de toda la Actividad II.

Recordemos que para alcanzar el fin general de la Actividad II del PD (que el alumno aprenda los significados conceptuales y operacionales de los números racionales) y de acuerdo con el programa de Matemáticas I, se deben seguir los siguientes objetivos o fines parciales: primero, el alumno empezará por aprender el significado de fracción tomando como base la relación parte-todo; luego, en la Acción II deberá aprender los significados de las fracciones a partir de contextos de mediciones prácticas y definirá las reglas de sus operaciones mediante la solución de problemas y ejercicios para ampliar su capacidad de solucionar problemas y su destreza operacional; en la tercera Acción, aplicará su dominio de los significados básicos sobre las fracciones para empezar a comprender qué son los números racionales y los significados básicos de las operaciones aritméticas con dichos números y así procederá a desarrollar sus habilidades operatorias en una variada colección de ejemplos y ejercicios. Y en la Acción final, comprenderá los significados teóricos de los números racionales, vistos como elementos de un sistema, primero geométrico y después numérico.

Para el logro de este segundo fin parcial, la lógica de la disciplina (que no se trabaja en forma formal-deductiva, sino de un modo menos preciso o, si se quiere, más inductivo) nos ha conducido a estructurar la siguiente secuencia didáctica:

primero se define la medición como una partición de la unidad para la formación y representación gráfica de escalas; luego, aplicando el método de la superposición de escalas, se define con precisión qué son las fracciones equivalentes para aprovechar esta noción en la simplificación y la comparación de fracciones, con lo cual se tiene lo necesario para pasar a ver las operaciones básicas con fracciones, donde en la multiplicación se rescata la relación parte-todo y se puede comprender qué es la fracción de una fracción para acabar definiendo la multiplicación como tal. Y se ve el significado geométrico de esta operación como “área de un rectángulo” pasando al fin a la división.

Una vez dominados los aspectos más intuitivos y empíricos de los racionales, el alumno aplicará su dominio de los significados básicos sobre las fracciones para empezar a comprender qué son los números racionales y los significados básicos de las operaciones aritméticas con dichos números y así procederá a desarrollar sus habilidades operatorias en una variada colección de ejemplos y ejercicios. Al final el alumno trabajará ya con los significados teóricos de los números racionales, vistos como elementos de un sistema, primero geométrico y después numérico.

Los detalles de las orientaciones sistemáticas de los profesores a sus alumnos a lo largo de esta actividad y los puntos finos de la matemática de esta Actividad están desarrollados en la Didáctica Concreta.

Bibliografía

- ÁNGELES LÓPEZ, Rebeca, Juana Castillo Padilla, *et al.*, “Concepción teórica y metodológica de la enseñanza de las matemáticas”, en *Eutopía*, Año 3, núm. 11, septiembre de 2009, pp. 49-59.
- ANDRÉIEV, I., *Problemas lógicos del conocimiento científico*, Editorial Progreso, Moscú, 1984.
- BUNGE, Mario, *Diccionario de filosofía*, Siglo XXI Editores, México, 2001.
- GORTARI, Eli de, *Lógica general*, Grijalbo, México, 1987.
- KLINE, Morris, *Matemáticas. La pérdida de la certidumbre*, 2ª edición, Siglo XXI Editores, México, 1985.
- La dialéctica y los métodos científicos generales de investigación*, 2 tomos, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1985.
- LEONTIEV, Alexei Nikolaevich, *Actividad, conciencia y personalidad*, Ciencias del Hombre, Buenos Aires, 1978.
- Pedagogía, Pueblo y Educación*, La Habana, 1984.
- PERELMAN, Yakov I., *Álgebra recreativa*, Quinto Sol, México, 1983.
- PETROVSKI, Arthur Vladimir, *Psicología evolutiva y pedagógica*, Cartago Argentina y Letras México, México, 1985.
- Dirección General del CCH-UNAM, Área de Matemáticas, *Programa de Estudios de Matemáticas. Semestres I a IV*, 2003.
- VYGOTSKY, Lew Semiónovich, *Obras escogidas*, 4 vols., Visor, Madrid.
- y Luria, Alexander, *El proceso de formación de la psicología marxista*, Editorial Progreso, Moscú, 1993.
- WELLS, Harry K., Iván P. Pavlov, *hacia una psicología y psiquiatría científicas*, traducción de Enrique Stein, Cartago, México, 1984.

Las imágenes para este artículo fueron proporcionadas por la Unidad de Microscopía del Instituto de Fisiología Celular, UNAM. Utilizando un microscopio electrónico de transmisión Jeol 1200 EXII.

Págs. 25 y 32, Dr. Sergio Licea, Dr. Rodolfo Paredes, *Pseudnitz*.

¿Cuáles son los nuevos rumbos de la ciencia en el Colegio?

HUMBERTO LISANDRO SALINAS LÓPEZ

El estado actual de la enseñanza de la ciencia en el CCH

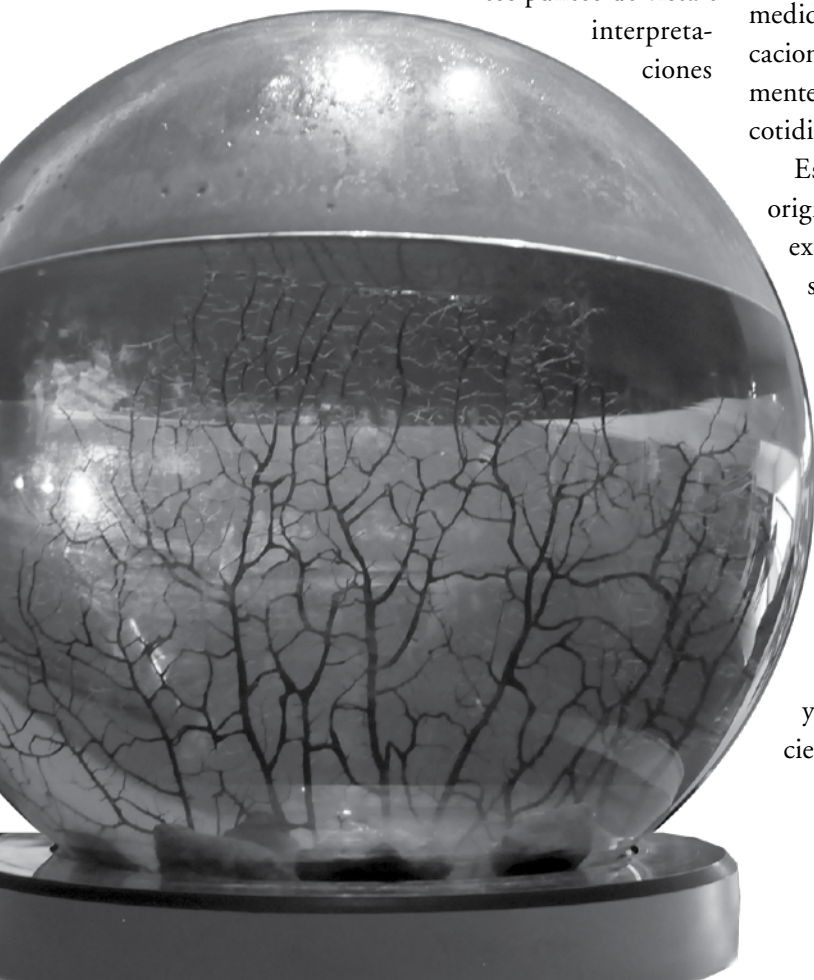
Los académicos del Área de Ciencias Experimentales del Colegio de Ciencias y Humanidades somos una planta docente diversa: desde las diferentes instituciones de las que procedemos sus integrantes, la variedad de procesos de formación profesional y pedagógica, y los distintos puntos de vista e interpretaciones

que se tienen respecto de la ciencia, sus procesos y sus productos, que en ocasiones son incompatibles con la enseñanza que demandan algunas temáticas actualizadas en las disciplinas que están a nuestro cargo al presentarlas en el laboratorio.

Si bien la pluralidad de criterios científicos es un hecho reconocido y aceptado, muchos piensan que cuando hay creencias incompatibles acerca de la concepción del mundo que tienen los bachilleres de hoy, éstas se ven determinadas, en buena medida, por el conocimiento científico y las aplicaciones tecnológicas que los profesores previamente hemos construido y con los que trabajamos cotidianamente con nuestros alumnos.

Es tal la diversidad de posiciones, que se origina un problema filosófico para definir si existen criterios absolutos que permitan no sólo dirimir la corrección de las creencias y la validez entre lo que es ciencia y lo que no es ciencia, sino también decidir cuáles son los únicos, correctos y legítimos, o si es posible que muchos de los diferentes sistemas de pensamiento sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de ésta son aceptables de acuerdo con diferentes tipos de criterios, cuando todos ellos son legítimos.

El reconocimiento de las coincidencias y discrepancias acerca de la filosofía de la ciencia es de la mayor importancia, pues según



las respuestas se considerará posible y justificado —o no— diseñar, fundamentar y arribar a los elementos esenciales para el análisis y el establecimiento de las disciplinas científicas.

De acuerdo con algunas investigaciones, uno de los problemas que manifestamos con frecuencia los profesores que enseñamos ciencia se relaciona con la manera en que interpretamos esta última, sus procesos y sus productos, pues a menudo la ciencia se enseña fuera de contexto, con criterios reduccionistas de sus métodos, y sus productos se presentan como verdades absolutas. Otro gran problema consiste en la comprensión que los profesores debemos poseer de la influencia de la filosofía de la ciencia como un elemento esencial para el análisis y fundamentación de las disciplinas científicas.

Derivado del conocimiento de la filosofía de la ciencia se observa, además, uno de los problemas cruciales: el de la demarcación entre la ciencia y la pseudociencia; es decir, la determinación de un conjunto de condiciones necesarias y suficientes para decidir cuándo una pretensión de conocimiento, una teoría o una actividad es científica o no lo es. Vale la pena mencionar, sin embargo, que la mayoría de los filósofos al concluir el siglo XX han estado de acuerdo en que esos intentos han fracasado. ¿Quiere eso decir que no es importante distinguir entre lo científico y lo que no lo es? ¿No hay ninguna forma racional de hacerlo?, ¿Estaremos los profesores de ciencias enseñando pseudociencias?

Proponemos que el concepto de naturaleza de la ciencia —que incluye las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia por especialistas de estas disciplinas—, entendido como la reflexión sobre los métodos para validar el conocimiento científico, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico

y las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad,¹ puede permitirnos acceder a herramientas conceptuales y metodológicas para presentar de una manera coherente con el quehacer científico los contenidos de las diferentes asignaturas que constituyen el trabajo docente en el Área de Ciencias Experimentales. Este concepto puede ayudarnos a promover en los profesores la reflexión sobre su trabajo docente en la enseñanza de las ciencias, y al mismo tiempo permitirles explicitar sus puntos de vista sobre la construcción del conocimiento científico y tener elementos para reconocer, en la medida de lo posible, qué elementos del ejercicio docente contribuyen a presentar formas deformadas de la ciencia, y buscar maneras de corregir estas situaciones.

No obstante, esa caracterización de la naturaleza de la ciencia no goza de la completa aceptación de un buen número de filósofos, historiadores, sociólogos y educadores de la ciencia, debido a que es multidimensional y muy compleja, además de que su concepción es tentativa y dinámica. Por otra parte, en el Colegio no ha existido un proceso de formación de profesores de ciencias para analizar esta postura, mientras que, como profesionales de alguna disciplina científica (física, química, biología, ciencias de la salud), los docentes en su preparación no han tenido esa orientación y como profesores desconocen que “hay un acuerdo general acerca de que los componentes de la naturaleza de la ciencia son un elemento esencial y central del currículo de ciencias”.²

Los evidencias conocidas

Como lo señala Acevedo,³ las investigaciones realizadas en las dos últimas décadas han mostrado con claridad que los profesores que enseñamos ciencias en los distintos niveles educativos no tenemos por lo general una buena comprensión de

la naturaleza de la ciencia, y quienes se forman en la actualidad para una carrera magisterial tampoco, por lo que todo lo que se informe, se discuta, se reflexione y se genere en torno a esta conceptualización desde los puntos de vista filosófico, histórico y sociológico, nunca estará de más, sin que ello signifique que un conocimiento detallado y profundo de sus interacciones garantizará una enseñanza adecuada de las disciplinas que constituyen las ciencias experimentales.

No obstante, algunos profesores del Colegio, con base en nuestras experiencias docentes y con la formación permanente sobre estas cuestiones, consideramos que es urgente que se detecten y modifiquen las creencias que los profesores menos expertos poseen acerca de la enseñanza de las ciencias y en general sobre el conocimiento de la didáctica de las ciencias experimentales, mediante la formación de núcleos de trabajo o seminarios, en los que la naturaleza de la ciencia sea el eje central de las reflexiones, pues no se puede enseñar lo desconocido o lo que se conoce mal, y si tales creencias persisten podrían echar raíces más fácilmente que otras, en detrimento de los aprendizajes buscados en los programas de estudio que forman parte del currículo del Colegio. Incluso se asegura que la comprensión sobre aspectos de la naturaleza de la ciencia facilita el aprendizaje de los contenidos de las disciplinas científicas y su posible cambio conceptual.

Por ejemplo, hemos observado que podemos asociar la naturaleza de la ciencia a los procedimientos científicos y a la indagación científica,⁴ mediante la utilización de las observaciones y las inferencias, cuando los profesores diseñamos previamente estrategias didácticas con secuencias cuyos trayectos de aprendizaje y enseñanza organizan lógicamente los contenidos a trabajar en el espacio escolar e indican los vínculos y las acciones que se esperan de los alumnos e incor-

poran modalidades de valoración o evaluación del proceso desarrollado.

Nos parece que las prácticas docentes en la enseñanza de la ciencia, como: la repetición de modelos metodológicos —estandarizar técnicas, probar protocolos, recrear experimentos sin reflexiones profundas, crear teorías que se consideran inmutables— obliga a los estudiantes a quedarse en lo descriptivo y evita que sean propositivos e innovadores, que planteen modelos explicativos de los fenómenos y que sólo consideren lo lineal del conocimiento, y no lo multidimensional. Al hacerlo, terminan por adjudicarle una causa-un efecto, esto es aplican el reduccionismo (la parte *versus* todo) y la refutación de hipótesis con rigidez, utilizando en buena medida los conocimientos acabados y logrados por otros científicos, donde la enseñanza tiende a conservar las ideas, experiencias y procedimientos hasta transformarlos en estereotipos o patrones de conducta.⁵ Como dice este mismo autor: “nuestros sistemas de ideas (teorías, doctrinas, ideologías) no sólo están sujetos al error sino que también protegen los errores e ilusiones que están inscritos en ellos”.

Sin embargo, ese conjunto de obstáculos epistemológicos no se derrumban solos, sino que hay que trabajarlos por medio de un entrenamiento permanente que permita exteriorizar en un primer momento las distorsiones que se manifiestan en la enseñanza de la ciencia —ya que éstas no son concepciones aisladas, pues al igual que pasa con los alumnos respecto de sus ideas alternativas, forman esquemas conceptuales difíciles de desagregar—, para posteriormente aproximarse, mediante las preguntas pertinentes, a concepciones epistemológicas más adecuadas y susceptibles de incidir positivamente en el aprendizaje de la ciencia.

No obstante, buena parte de nosotros los docentes consideramos que la ciencia debe estar al servicio del conjunto de la humanidad y contri-

buir a dotar a todos los alumnos de una comprensión más profunda de los impactos que ésta tiene en la naturaleza y la sociedad, una mejor calidad de vida y un entorno sano y sostenible para las generaciones presentes y futuras. Desde nuestro punto de vista la ciencia es un poderoso instrumento para que los alumnos del bachillerato comprendan, de manera muy general, los fenómenos naturales y sociales, y que aquélla desempeñará probablemente un papel aún más importante en el futuro a medida que se conozca mejor la complejidad creciente de las relaciones que existen entre la sociedad y el medio natural.

Además de sus ventajas manifiestas, también se debe reflexionar con los alumnos sobre las aplicaciones de los avances científicos y el desarrollo y la expansión de la actividad económica y política de los seres humanos, sobre el hecho de que éstos han provocado además la degradación del medio ambiente, calamidades y desastres tecnológicos que han contribuido al desequilibrio natural, el

antagonismo social y la incertidumbre. Citemos como ejemplo de ello que el progreso científico ha posibilitado la fabricación de armas muy perfeccionadas, como las biológicas, en las que se usan organismos vivos con propósitos militares y en las que, incluso, la ingeniería genética ha hecho posible clonar toxinas selectivas para eliminar grupos raciales o étnicos cuya disposición genética los predispone a ciertas enfermedades.

La práctica de la enseñanza científica y la utilización del saber derivado de sus aprendizajes debería tener siempre estos objetivos: lograr el bienestar de la humanidad (la salud y la enfermedad son indudablemente cuestiones del equilibrio social, ecológico y fisiológico), incluyendo la reducción de la pobreza que amenaza la supervivencia; respetar la dignidad y los derechos de los seres humanos, así como el medio ambiente del planeta; y tener plenamente en cuenta la responsabilidad que nos incumbe con respecto a las generaciones presentes y futuras. Todas las partes interesadas en



la actividad académica —autoridades escolares, profesores y alumnos— deben asumir un nuevo compromiso con estos importantes principios.

Las perspectivas y los retos

Por lo expuesto anteriormente, estamos de acuerdo con Bartolomé Vázquez *et al.*⁶ y proponemos que, para la formación futura de profesores en el Colegio, se tomen las medidas siguientes: que se identifique en primera instancia la *dimensión técnica*, “relacionada con la acumulación de créditos en su formación disciplinaria”; segundo, que se actualice la *dimensión práctica*, vinculada con “el reconocimiento de lo personal como punto de partida en la mejora del profesor”; y en tercer lugar, se mejore su *dimensión crítica*, como “el reconocimiento del hecho reflexivo común como garantía del cambio personal” por medio del aprendizaje colaborativo entre pares.

Un caso que ejemplifica lo anterior es la descripción que explicita un docente cuando se le cuestiona y se le solicita una argumentación respecto de si el uso de la experimentación es o no necesario para el desarrollo del conocimiento científico. De la defensa de sus testimonios pueden extraerse un sinnúmero de valoraciones y datos que dan cuenta del estado de las tres dimensiones mencionadas, así como de los procesos que apuntalan su enseñanza: el pensamiento intuitivo que subyace a la acción y la toma de decisiones momentáneas, el pensamiento analítico que está vinculado a la planificación previa del profesor y el pensamiento reflexivo que es crucial para aprender de la experiencia y valorarla. De lo que se trata con este tipo de intervenciones es de verificar cómo ven la enseñanza de la ciencia los profesores y cómo se nutren gracias a sus propias prácticas reflexivas mediante la indagación en aspectos como la importancia de los procesos formativos, las orientaciones sobre el aprendizaje,

Bibliografía

- ACEVEDO-DÍAZ, José Antonio, Vázquez Alonso Ángel, Manassero Mas, María Antonia, y Acevedo-Romero Pilar, “Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica”, en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* [en línea], 2007, vol. 4, núm. 1, pp. 42-66 <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- , “Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos”, en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* [en línea], 2007, vol. 4, núm. 2, pp. 202-225. <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- , “El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias”, en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* [en línea], 2008, vol. 5, núm. 2, pp. 134-169. <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- , “Formación del profesorado de ciencias y enseñanza de la naturaleza de la ciencia”, en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* [en línea], 2010, vol. 7, núm. 3, pp. 653-660. http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen7/Numero_7_3/Vol_7_Num_3.htm
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín, Salazar Isabel, Mena, Nubia y Edelmira Badillo, “La epistemología en la formación del profesorado de ciencias naturales: Aportaciones del positivismo lógico”, en *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias* [en línea], 2006, vol. 1, núm. 1, pp. 1-18.
- CARRASCOSA ALÍs, Jaime, Martínez Torregosa, Joaquín, Furió Mas Carles, y Guisasaola Aranzábal Jenaro, “¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria?”, en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* [en línea], 2008, vol. 5, núm. 2, pp.118-133. http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen5/Numero_5_2/Vol_5_Num_2.htm
- ANDONI GARRITZ, “Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano”, en *Revista Iberoamericana de Educación* [en línea], 2006, núm. 42, pp. 127-152

las concepciones epistemológicas, las aportaciones curriculares, la ideología que subyace a su práctica docente y las consideraciones del contexto a la hora de planificar sus estrategias de enseñanza.

Por ello concluimos que los nuevos rumbos de la ciencia en el Colegio dependen en buena medida de las acciones de actualización, capacitación y formación en los distintos ámbitos del quehacer docente que realicemos los docentes del Área de Ciencias Experimentales y que se refleje en la calidad, eficacia y comprensión de los aprendizajes sobre los conocimientos científicos que los alumnos adquieran al egresar de este bachillerato.

Notas

1. José Antonio Acevedo-Díaz, Ángel Vázquez Alonso, María Antonia Manassero Mas, y Pilar Acevedo-Romero, "Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica", en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* [en línea], 2007, vol. 4, núm. 1, p. 43. <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>
2. *Ibid.*, p. 53.
3. José Antonio Acevedo-Díaz, "Formación del profesorado de ciencias y enseñanza de la naturaleza de la ciencia", en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* [en línea], 2010, vol. 7, núm. 3, pp. 653-660. http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen7/Numero_7_3/Vol_7_Num_3.htm.
4. Vicente Mellado Jiménez, "Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia", en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 21, núm. 3, 2003, pp. 343-358.
5. Edgar Morin, *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*, El Correo de la UNESCO, SA, México, 2001, p. 21.
6. Bartolomé Vázquez Bernal, Roque Jiménez-Pérez, Vicente Jiménez Mellado y Matilde Martos Carrasco, "Formación y Enseñanza de las Ciencias. Estudio de caso de una profesora de Ciencias de Secundaria", en *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado* [REIFOP, en línea], 2009, vol. 12, núm. 3, pp. 99-109, <http://www.aufop.com>

<http://www.red-redial.net/revista-revista,iberoamericana,de,educacion-45-2006-0-42.html>

MELLADO JIMÉNEZ, Vicente, "Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia", en *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas* [en línea], vol. 21, núm. 3, 2003, pp. 343-358. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=743297>

MORIN, Edgar, *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*, El Correo de la UNESCO, SA, México, 2001, p. 21.

VÁZQUEZ BERNAL, Bartolomé, Jiménez-Pérez, Roque, Jiménez Mellado, Vicente, y Martos Carrasco, Matilde, "Formación y enseñanza de las ciencias. Estudio de caso de una profesora de Ciencias de Secundaria", en *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* [REIFOP, en línea], vol. 12, núm. 3 (2009), pp. 99-109, <http://www.aufop.com>



La historia de las matemáticas como punto de encuentro entre las ciencias y las humanidades

ZAIRA ERÉNDIRA ROJAS GARCÍA

Ningún tema pierde tanto cuando se le divorcia de su historia como las matemáticas.
Bell¹

La historia de la matemática debe ser un elemento importante a considerar en la didáctica de esta ciencia. A lo largo de este artículo daré argumentos en favor de esta afirmación para lo cual tomaré en consideración algunos textos de matemáticos, pedagogos e historiadores, como Courant, Kline, Droeven, Bell y Boyer.

La historia de la matemática permite conocer las cuestiones que dieron lugar a los diversos conceptos, intuiciones e ideas de donde se originaron los términos, lenguajes y notaciones, las dificultades que implican los problemas a resolver, el ámbito en que se aplicaron los métodos y técnicas que se desarrollaron, los fenómenos físicos o sociales que explicaban, el marco espacial y temporal en qué aparecieron, cómo fueron evolucionando hasta su estado actual y con qué temas culturales se vincularon.

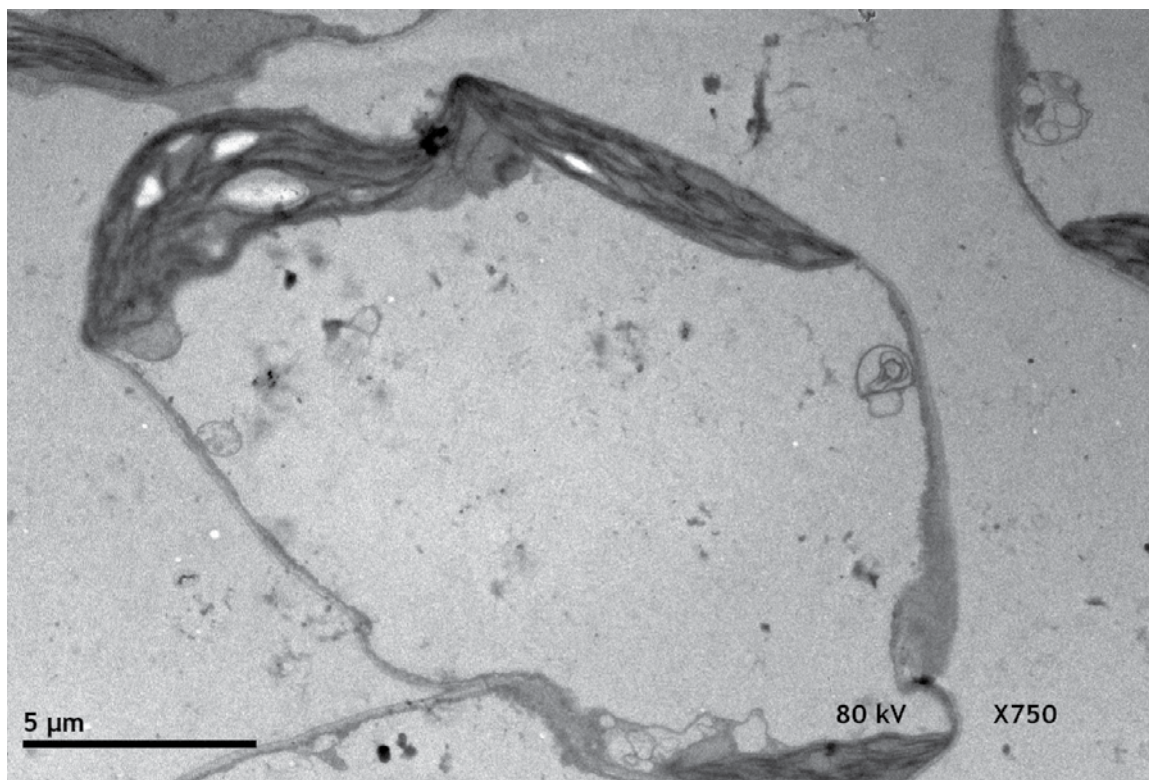
En la introducción de la obra de Richard Courant *¿Qué es la matemática?*,² el autor hace referencia a la historia de las matemáticas como instrumento para comprender qué es la matemática. En este libro que los conceptos y problemas aparecen en forma viva y natural y muchas veces en su contexto histórico, además de que Courant

los compara con su forma actual y los explica con rigor a la vez que los trata de manera heurística y apelando a la intuición.

En el prefacio del libro *Análisis matemático*, escrito por Courant y John Fritz, los autores insisten nuevamente sobre las ideas expuestas anteriormente:

La matemática presentada como un sistema de verdades, acabadas y ordenadas, sin referencia al origen y propósito de sus conceptos y teorías tiene su encanto y satisface una necesidad filosófica. Pero esta actitud introvertida en el campo de la Ciencia no es adecuada para los estudiantes que buscan independencia intelectual más que adoctrinar. Menospreciar las aplicaciones y la intuición lleva al aislamiento y a la atrofia de la matemática.³

Llevar a cabo exposiciones exclusivamente deductivas tiene efectos negativos en los estudiantes, ya que se sienten engañados al hacerles creer que las matemáticas han sido creadas por grandes genios quienes, a partir de unos principios, obtienen teoremas y demostraciones impecables. El estudiante que naturalmente no puede funcionar de esta manera y llega a sentirse humillado, acomplejado y desconcertado, o como dice Kline: “Es



intelectualmente deshonesto enseñar la interpretación deductiva como si se llegara a los resultados por pura lógica... Esta interpretación destruye la vida y el espíritu de las Matemáticas... y aunque tenga un atractivo estético, para el estudiante sirve de anestésico”.⁴

Concordando con lo anterior Droeven por su parte señala:

El esquema de exposición de la enseñanza: definiciones, teoremas, pruebas, sufre de una amnesia histórica, pues al ignorar las génesis históricas de los conceptos matemáticos que involucra, induce a una amnesia conceptual en el alumno, el cual no puede reencontrar los obstáculos del conocimiento matemático que han tenido que vencer esos conceptos para presentarse de una manera tan racional y aséptica.⁵

En este sentido, la historia puede dar la perspectiva global del tema y relacionar las asignaturas

no sólo unas con otras sino también con las líneas centrales del pensamiento matemático. Además, el estudio de la historia permite conocer la aparición de dificultades epistemológicas que tienen similitud con las que tienen los estudiantes. Esto facilita la determinación de obstáculos epistemológicos en el aprendizaje de los alumnos que, como cuestión filosófica sobre la didáctica, es de gran importancia.

La forma de utilizar **la historia de las matemáticas como un instrumento didáctico** puede llevarse a cabo de diversas maneras, por ejemplo:

- Proceder mediante una introducción histórica al inicio de cada tema, situando en los contextos científico y cultural el origen y la evolución de los problemas que vayan a abordarse.
- Se pueden añadir a los apuntes que se en-

tregan a los alumnos indicaciones, breves resúmenes o notas históricas.

- El docente puede mencionarlos mientras se desarrolla la clase.
- En cualquier momento indicar brevemente a qué matemáticos o corriente matemática se debe la introducción de un concepto nuevo, la demostración de un teorema o la resolución de un problema.

Desde este punto de vista hay un repertorio importante; por mencionar algunos: el Teorema de Pitágoras. Su aparición en el horizonte histórico matemático, pero también en el escolar, señala el primer salto intelectual entre los confines de la especulación empírica y lo deductivo, ya que con él sobreviene el fenómeno histórico y escolar de la demostración; de este modo, se trata de un auténtico paradigma para la matemática y sobre todo para la educación matemática. Lo mismo puede decirse del número π , los cuerpos platónicos, los números poligonales, la divina proporción, la resolución de ecuaciones algebraicas, las tangentes de las curvas y sobre todo el problema de la cuadratura de curvas donde puede uno remontarse a Arquímedes.

Cada persona debe pasar por las mismas experiencias por las que pasaron sus antepasados si quieren alcanzar el nivel de pensamiento que muchas generaciones han alcanzado. No se pueden poner en duda las dificultades que los grandes matemáticos encontraron, pues son también los obstáculos con los que tropiezan los estudiantes, y no puede tener éxito ningún intento de acabar con estas dificultades tan sólo con una palabrería lógica. Podemos mencionar otros ejemplos como los siguientes:

1. Si los números negativos no aparecieron hasta que las matemáticas contaban ya con

un milenio de historia, y si fueron necesarios otros 1000 años para que los aceptaran los matemáticos, podemos estar seguros de que los estudiantes tendrán dificultades con los números negativos.

2. Si echamos una ojeada a la historia del álgebra podremos comprender las dificultades que tienen nuestros alumnos con el nivel de abstracción al manejar las letras que representan las incógnitas; son las mismas dificultades que han padecido los matemáticos a lo largo de más de 20 siglos, en el tránsito desde el álgebra de los griegos de la época clásica al álgebra de Viéta (perfeccionada en lo referente a la notación hecha por Descartes y Newton), pasando por el álgebra de Diofanto de Alejandría y los desarrollos de los árabes.
3. La historia nos permite entender las dificultades de los alumnos para comprender los conceptos de *límite y continuidad*. Las dificultades de estos conceptos se observan desde los intentos por escamotear el proceso de infinito en matemáticas, que los griegos llevaron a cabo con el Postulado de Arquímedes y el método de exhaustión, hasta la reformulación sobre bases rigurosas del nuevo análisis, emprendida en el siglo XIX por Cauchy, Weierstrass, Dedekind y otros matemáticos, pasando por los métodos infinitesimales que, unificados y generalizados por Newton y Leibniz, desembocaron en el descubrimiento del cálculo infinitesimal.

El profesor que esté al corriente de la historia, además de aprovechar el legado de ésta para enriquecer su actividad docente, y al conocer y comprender las dificultades de los contenidos impartidos, manifestará una actitud prudente, precavida y paciente; de esta manera encontrará sugerencias

y apoyos que facilitarán la introducción de los conceptos nuevos. Las notas históricas, compartidas entre maestros y alumnos, resultan a veces un medio inmejorable para captar y orientar el interés del alumno o aliviar la tensión de la clase de matemáticas. De ahí la atención, cada vez mayor, que se le otorga a la didáctica.

La educación matemática tendría que ser una auténtica educación en humanidades, en la que los estudiantes conocieran el papel que representan las matemáticas en nuestra cultura y en la sociedad. Enseñar matemáticas como si fuese una ciencia aislada es una distorsión del conocimiento. Convendría enseñar matemáticas yendo más allá de las propias matemáticas; es decir, considerando sus relaciones y buscando su sintonía con las corrientes principales del pensamiento. Esta nueva actitud motivaría a los estudiantes, crearía nuevas aplicaciones y abriría nuevas vías de debates.

Con base en la historia de las matemáticas hemos visto que la matemática es mucho más que un lenguaje y una herramienta. Como señala Boyer: "La ciencia es tanto un hábito de pensamiento como una forma de vida y las matemáticas son tanto un aspecto de la cultura como una colección de algoritmos."⁶ La historia de la ciencia en general, y de las matemáticas en particular, son puntos de encuentro privilegiados donde convergen e intiman la ciencia y las humanidades. Ignorar o despreciar la topología de este terreno compartido alimentan la estéril polémica sobre las dos culturas.

Finalmente la **historia de las matemáticas**, como **punto de encuentro** entre las ciencias y las

humanidades, es un instrumento para **enriquecer culturalmente** la enseñanza de la matemática e **integrarla** en forma armónica e interdisciplinaria en el **currículo** del Colegio de Ciencias y Humanidades.

Notas

1. Eric Temple Bell, *Historia de las matemáticas*, Fondo de Cultura Económica, México, 1985, p. 35.
2. Richard Courant, y Herbert Robbins, *¿Qué es la matemática?*, Aguilar, Madrid, 1971, p. 2.
3. Richard Courant, y John Fritz, *Introducción al cálculo y al análisis matemático*, p. 10.
4. Morris Kline, *El fracaso de la matemática moderna*, Madrid, Siglo XXI, 1978, p. 50.
5. Enrique Droeven, Propuesta para un aprendizaje no ahistórico de las matemáticas. *Actas del Simposio sobre "La Historia de las Ciencias y la Enseñanza"*, Valencia, abril de 1980, p. 50.
6. Carl Benjamin Boyer. *History of the Calculus and its conceptual development*. Dover, Nueva York, 1949, p. 50.

Bibliografía

- BELL, Eric Temple, *Historia de las matemáticas*, Fondo de Cultura Económica, México, 1985.
- BOYER, Carl Benjamin, *History of the Calculus and its conceptual Development*, Dover, Nueva York, 1949.
- COURANT, Richard, y Robbins, Herbert, *¿Qué es la matemática?*, Aguilar, Madrid, 1971.
- DROEVEN, Enrique, Propuesta para un aprendizaje no ahistórico de las matemáticas. *Actas del Simposio sobre "La Historia de las Ciencias y la Enseñanza"*, Valencia, abril de 1980.
- KLINE, MORRIS, *El fracaso de la matemática moderna*, Siglo XXI, Madrid, 1978.

La imagen para este artículo fue proporcionada por la Unidad de Microscopía del Instituto de Fisiología Celular, UNAM. Utilizando un microscopio electrónico de transmisión Jeol 1200 EXII.

Pág. 43, Dra. Marina Gavilanes, Dr. Rodolfo Paredes, *Arabidopsis*.

Investigaciones sociales por alumnos de psicología del CCH

Herramienta de crecimiento personal a través de la mirada del otro

MARCO ANTONIO GONZÁLEZ VILLA

A manera de introducción

La realización de investigaciones sociales en psicología implica, desde lo ético y lo profesional, cubrir con una serie de condiciones que posibiliten y justifiquen la objetividad de los resultados encontrados, más allá de la simple aplicación de los principios básicos del método científico. En este sentido, Braunstein¹ señala que la psicología académica trabaja en terrenos de la práctica ideológica pues considera a la conciencia y la conducta como ejes explicativos del ser humano, de los que toma representaciones y deriva de ellas nociones, leyes y modelos que deben imponerse sobre la realidad.

Es un hecho que, a diferencia de otras áreas del saber, la psicología muestra una dificultad, no imposibilidad, en la implementación de dispositivos que permitan la validación de diferentes hipótesis o bien la construcción de nuevos conocimientos que incrementen el acervo del saber de su disciplina. Hablamos aquí de una condición que se vive de manera particular en las ciencias sociales y en la psicología, en las que el objeto de estudio no es un “algo” que se pueda diseccionar, modificar en su estructura física o destruir para analizar cada una de las partes que lo constituyen como un todo; esto hace presuponer una marcada diferencia con

las otras disciplinas englobadas dentro del Área de Ciencias Experimentales en el Colegio, en las que se puede establecer y observar una clara relación sujeto-objeto en el campo de la investigación.

Otra es, por consiguiente, la relación que se establece en la psicología, a saber: una relación “sujeto-sujeto”.² Esta situación requiere que un investigador tenga un conocimiento global de sí mismo para que le sea posible tomar distancia de su “sujeto” de estudio en aras de la objetividad. ¿Por qué la necesidad de tomar distancia? Las relaciones sociales son, por sus características esenciales, dialécticas y bidireccionales; en ellas cada persona es capaz de influir sobre las ideas, percepciones, valores, emociones y habilidades de otra; de acuerdo con esta premisa, ninguna persona está exenta de modificar su comportamiento a partir de la interacción con otra. Es por ello que la relación “sujeto-sujeto” que está presente en una investigación social ofrece la posibilidad de cambiar a dos personas, o más, en función de la población de estudio y del grupo de trabajo, en cualquiera de sus tres momentos: antes, durante y al término de la investigación.

El papel del docente: la mirada del otro

La implementación de una investigación como estrategia didáctica es un escenario en el cual el

docente adquiere un papel protagónico y determinante para su óptima realización y función formativa. Además de transmitir los conocimientos teóricos y las herramientas metodológicas sobre los que ha de sustentarse el trabajo, deberá jugar un papel de acompañante que retroalimente en todo momento los avances del alumno.

La experiencia, preparación y ética que lo acompañan lo sitúan en una posición desde la cual podrá confrontar y enfrentar a los alumnos no solamente con el cúmulo de conocimientos y habilidades adquiridas, sino también con elementos de su vida personal que le permitirán descubrir el mundo social, en el que él mismo se verá inmerso.

La investigación comienza en el *antes*, que se refiere al momento posterior al encargo realizado por el maestro y que implica desde la elección de la temática y el grupo social de trabajo hasta la elección de los instrumentos que permitan recabar información de la población elegida (principalmente encuesta y entrevista). La elección del trabajo es ya en sí misma un proceso de proyección personal. Si se trabaja desde lo individual, no habrá compañeros con quienes razonar y argumentar el porqué del grupo propuesto, pero evidenciará al docente un área de interés particular que proviene de la historia de vida del alumno. Si el trabajo se lleva a cabo de manera grupal, obligará a los miembros del equipo a debatir sobre la conveniencia o no de una temática o una población de trabajo. El papel del docente aquí consistirá en dedicar unos minutos de la clase para retroalimentar cada proyecto de manera particular, realizando preguntas que permitan al alumno tener claridad sobre los factores personales que marcaron el rumbo de la investigación: *¿por qué la temática?, ¿quién lo decidió?, ¿por qué desecharon esa idea?, ¿por qué consideran difícil a ese grupo social?, ¿por qué consideraron a su grupo elegido como de mayor accesibilidad y facilidad para abordarlo?, ¿qué esperan encontrar?*, etcétera. Las

preguntas, pese a lo sencillo que pudieran parecer, obliga al alumno a descubrir las significaciones que ya posee ante diferentes fenómenos y grupos sociales que, *a priori*, empezarán a delinear las conclusiones de su trabajo.

Las hipótesis planteadas y los instrumentos elegidos para su corroboración o no, permiten observar las ansiedades, los intereses y las necesidades de explicación que el alumno tiene en torno a este “sujeto” de estudio.

El segundo momento de la investigación, *durante*, se da cuando el alumno realiza *in situ* su trabajo; éste consiste en la aplicación y puesta en marcha del proyecto. La mirada del maestro entonces deberá centrarse en conseguir que el alumno determine las variables extrañas que puedan alterar la obtención de respuestas: *¿quién realizó las encuestas-las entrevistas?, ¿quiénes del equipo no quisieron entrevistar-encuestar?, ¿por qué?, ¿qué habría pasado si “x” hubiera aplicado todas las preguntas?, ¿piensan que influyó la apariencia, el físico, el sexo o la ropa en los resultados obtenidos?, ¿habrían obtenido los mismos resultados aplicando el instrumento con otra población o en otro lugar?* Es en este momento de la investigación cuando más se hace patente la relación “sujeto-sujeto”.

El investigador de otras disciplinas obtiene los mismos resultados con sus objetos de estudio, independientemente de cómo hable o se vista, a diferencia de las investigaciones sociales en donde quien funge como investigador está sujeto a la percepción que de él se forme el investigado; lógicamente también la elección de los sujetos participantes pasa por el filtro de las percepciones que el grupo de trabajo tenga en torno a cada uno de los posibles participantes. La elección es en sí un acto totalmente subjetivo; sin embargo, no por ello se aleja del método científico.

En el último momento, el *después*, los alumnos deberán hablar en sus conclusiones de la expe-

riencia vivida y los efectos que ésta produjo en su formación académica y a nivel personal; la voz interna del alumno habla en las conclusiones. El docente tiene aquí la posibilidad de cuestionar el manejo y la interpretación que haga el alumno desde la teoría en su intento por explicar la realidad o producir conocimientos, pero al mismo tiempo tiene la oportunidad de leer los cambios significativos que la investigación le aportó al estudiante: *¿qué aprendiste?, ¿qué piensas ahora de la población con la que trabajaste?, ¿cuál es la importancia de las investigaciones sociales en psicología?, ¿qué cambió en tu forma de percibir este fenómeno social?, ¿cómo vives jugar a ser, científico, sentir que realmente lo eres?*

Cuando el docente se centra exclusivamente en los contenidos e instrumentos metodológicos en el momento de la evaluación, pierde la oportunidad de observar el crecimiento personal que se dio en el alumno que lo dota de mejores recursos personales para entender el complejo entramado de los fenómenos sociales, dándole al mismo tiempo un matiz diferente a su percepción de la ciencia.

Conclusión

Con las investigaciones realizadas en sus alumnos —¿quiénes son?, ¿qué intereses tienen?, ¿qué piensan de la sociedad?—, si es que efectivamente los ha acompañado en su trabajo y tenido la oportunidad de mostrarle sus prejuicios, observar sus valores y significaciones sociales, sentir sus dudas e inquietudes, el docente puede incidir en su actitud y apreciar sus necesidades e intereses. Ha trascendido su papel de educador para convertirse en un formador para la vida: no sólo formó a un científico, sino que ha tomado parte en la transformación de una persona.

El alumno, por su parte, descubre que la investigación social en psicología abre la posibilidad de abrir perspectivas diferentes en su vida académica, en la que se abre paso al conocimiento personal por medio de la ciencia. Es así que la filosofía del Colegio se manifiesta claramente en lo personal: “Aprender a aprender”, al descubrir ejes temáticos de interés personal que le permiten vincular sus aprendizajes a su vida cotidiana; “Aprender a hacer”, puesto que descubre y practica la ciencia aplicando en un contexto social real instrumentos retomados o contruidos que le posibilitan entender y ejercer un papel de investigador”; y por último “Aprender a ser”, ya que gracias a la mirada y el discurso de otro, del docente, tendrá posibilidades de reconocerse en lo social y descubrirse como constructor de (su) conocimiento. Con una experiencia social se acerca al alumno a la ciencia.

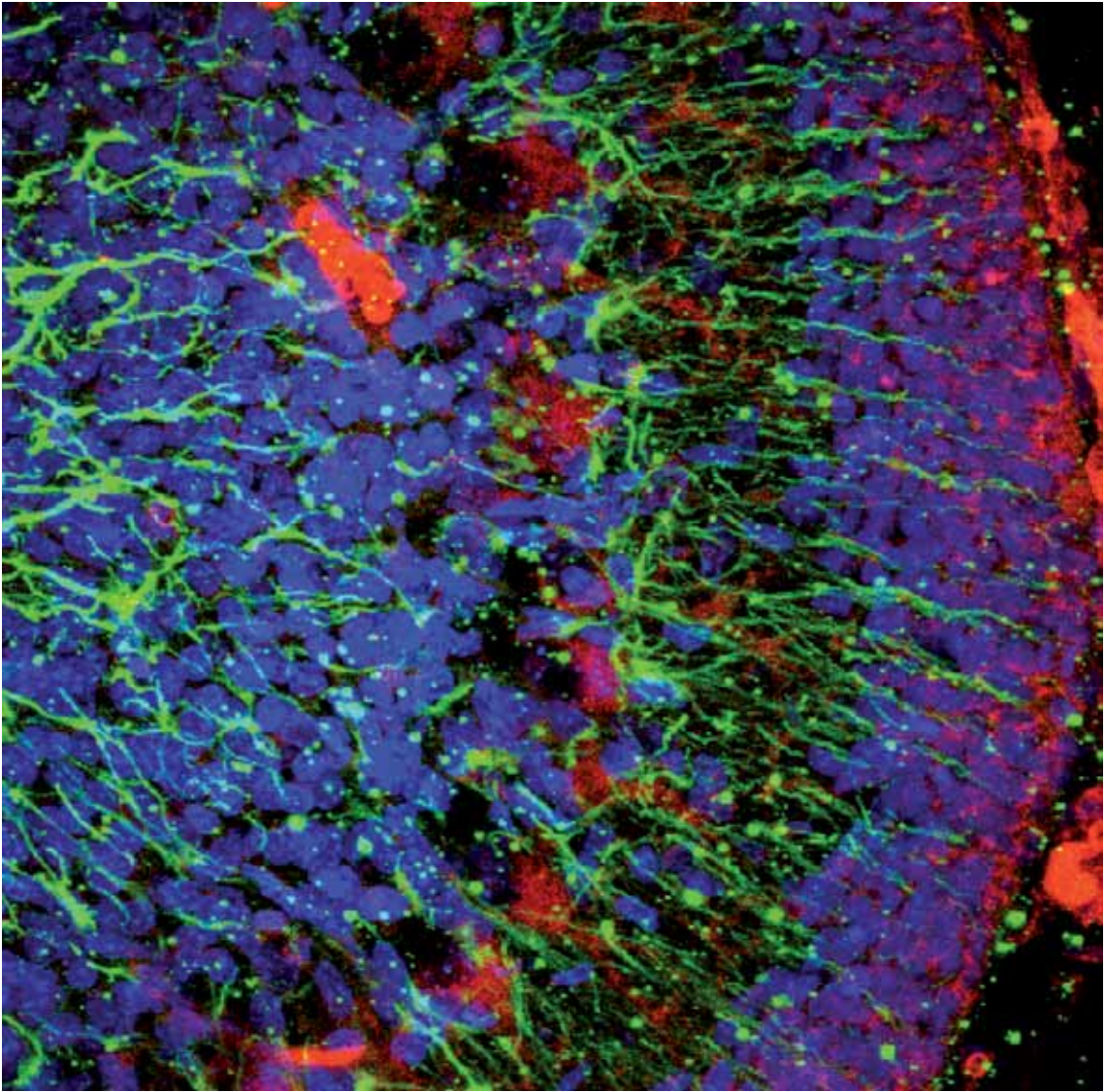
Notas

1. Néstor A. Braunstein, Marcelo Pasternac, Gloria Benedito, y Frida Saal, *Psicología, ideología y ciencia*, Siglo XXI Editores, México, 1991.
2. Georges Devereux, *De la ansiedad al método en las ciencias del comportamiento*, traducción de Félix Blanco, Siglo XXI Editores, México, 1985.

Bibliografía

- BRAUNSTEIN, Néstor, Pasternac, Marcelo, Benedito, Gloria, y Saal, Frida, *Psicología, ideología y ciencia*, Siglo XXI Editores, México, 1991.
- DEVEREUX, Georges, *De la ansiedad al método en las ciencias del comportamiento*, traducción de Félix Blanco, Siglo XXI Editores, México.

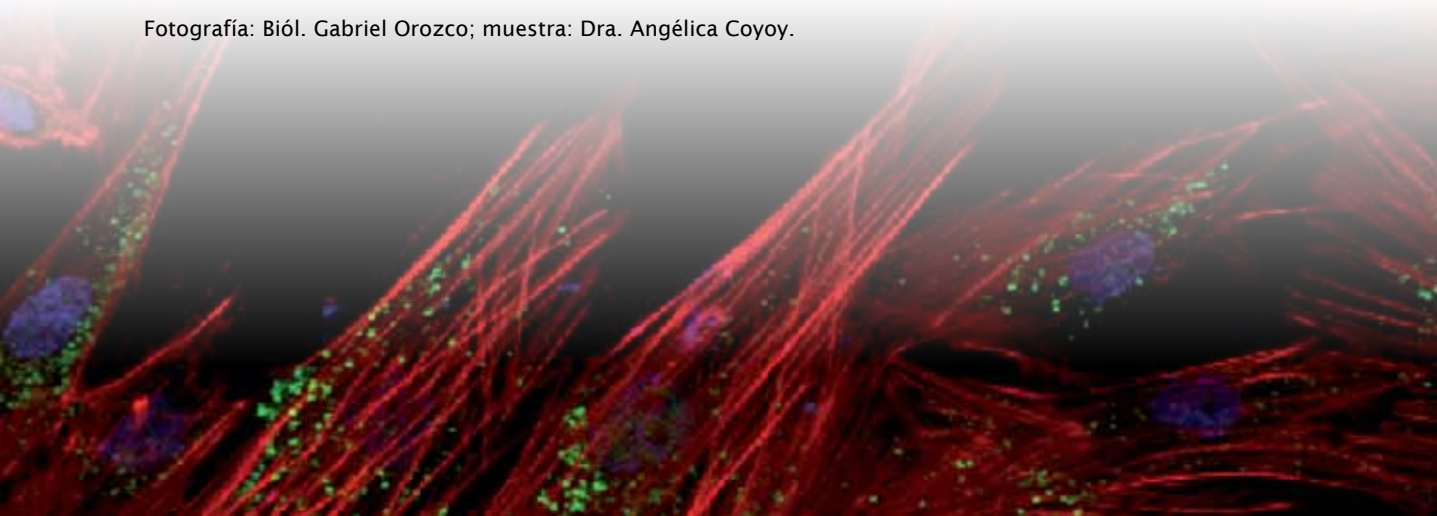
LA FOTOGRAFÍA COMO DOCUMENTO CIENTÍFICO

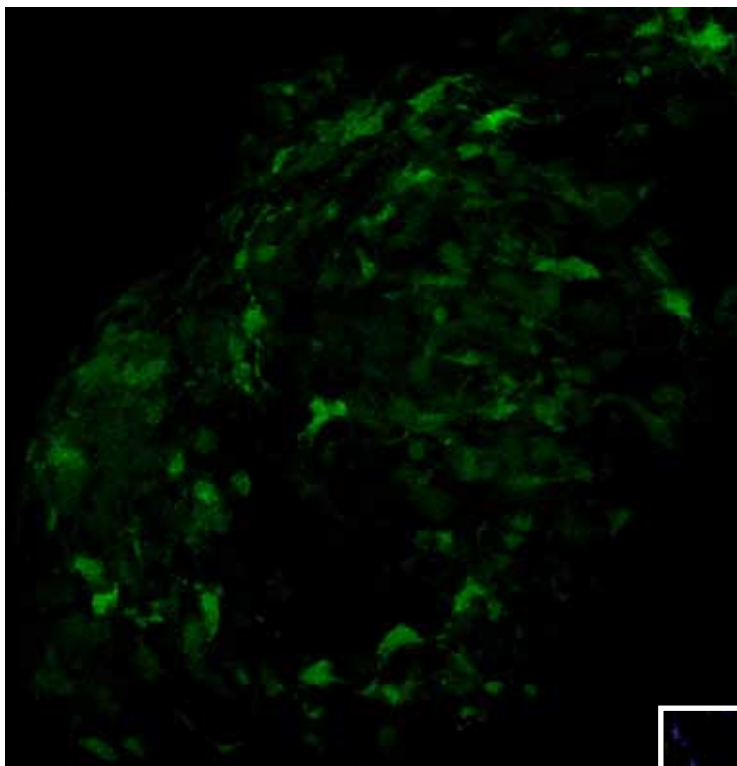


Cerebelo

Axones en verde, purkinje en rojo y núcleos en azul.

Fotografía: Biól. Gabriel Orozco; muestra: Dra. Angélica Coyoy.

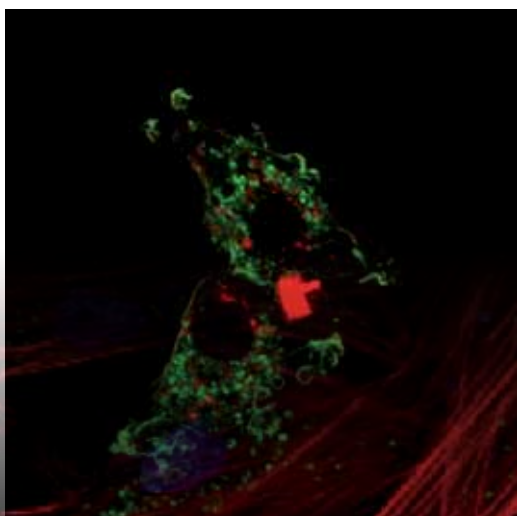
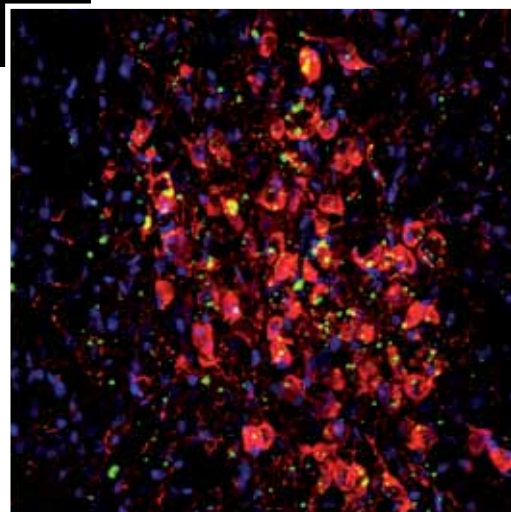




Injertos de células nerviosas

Células en verde, proteína marcada en rojo y núcleos en azul.

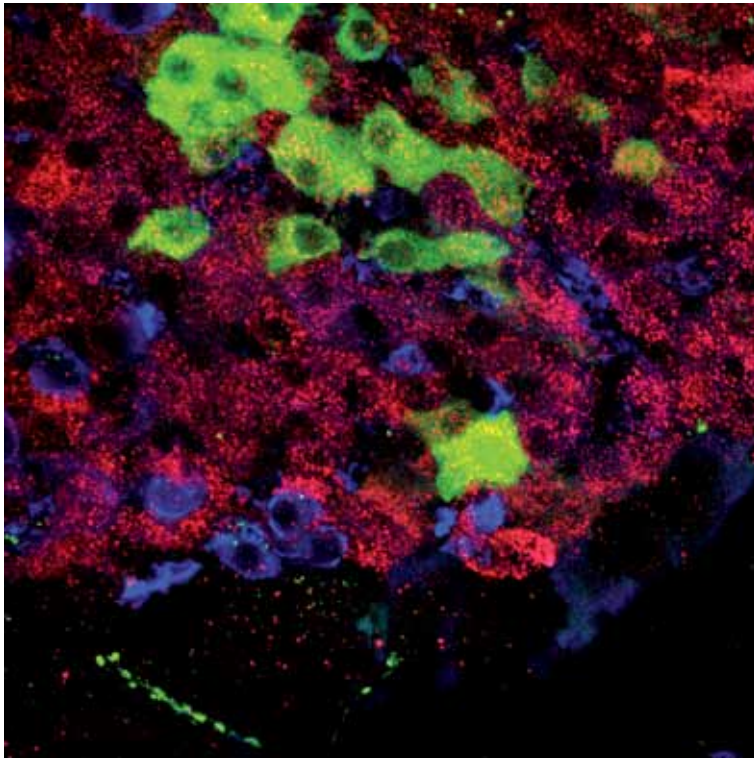
Fotografía: Biól. Gabriel Orozco.
Muestra: Dra. Guadalupe Maya Espinoza.



Injertos de células nerviosas

Células en verde, proteína marcada en rojo y núcleos en azul.

Fotografía: Biól. Gabriel Orozco.
Muestra: Dra. Guadalupe Maya Espinoza.

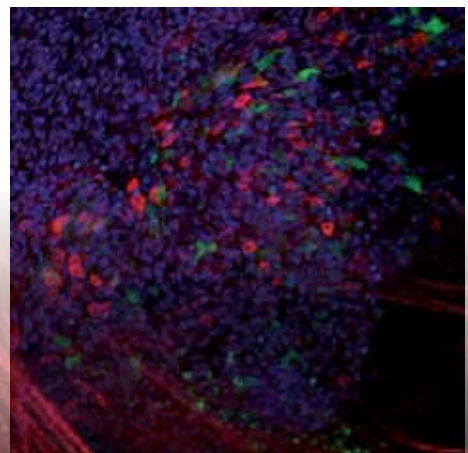


Páncreas

Tres marcajes para tipos celulares.

Fotografía: Biól. Gabriel Orozco.

Muestra: Dr. Siraan Cabrera.



Injertos de células nerviosas

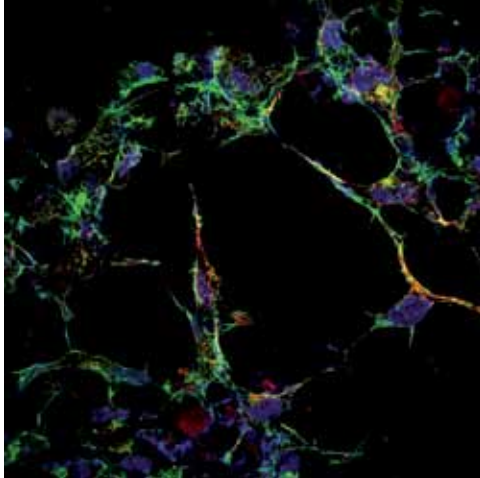
Células en verde, proteína marcada en rojo y núcleos en azul.

Fotografía: Biól. Gabriel Orozco.

Muestra: Dra. Guadalupe Maya Espinoza.



LA FOTOGRAFÍA COMO DOCUMENTO CIENTÍFICO



Células en cultivo

Citoesqueleto en verde, núcleos en azul.

Fotografía: Biól. Gabriel Orozco.

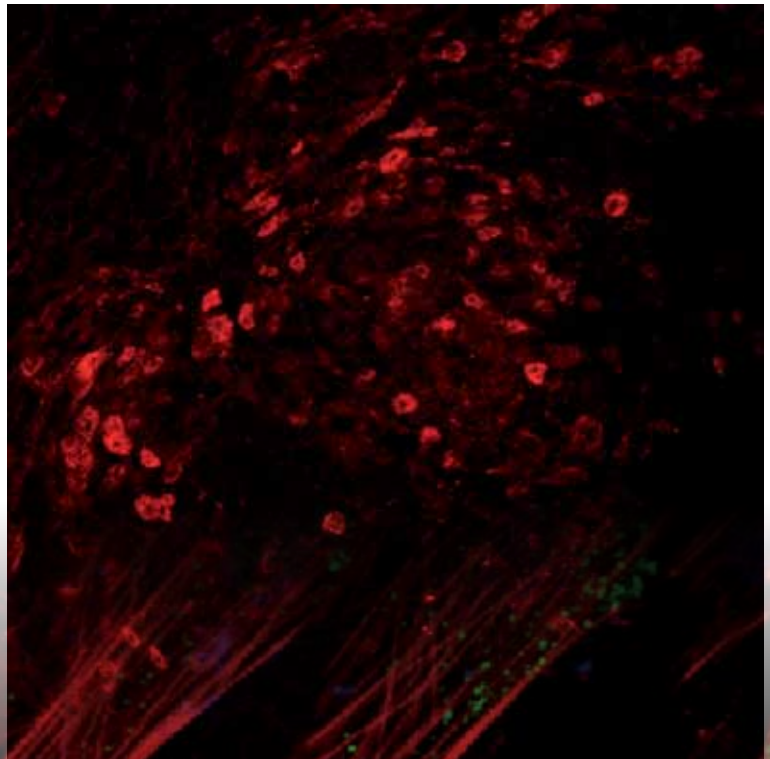
Muestra: Dr. Bernardo Ulloa.

Injertos de células nerviosas

Proteína marcada en rojo.

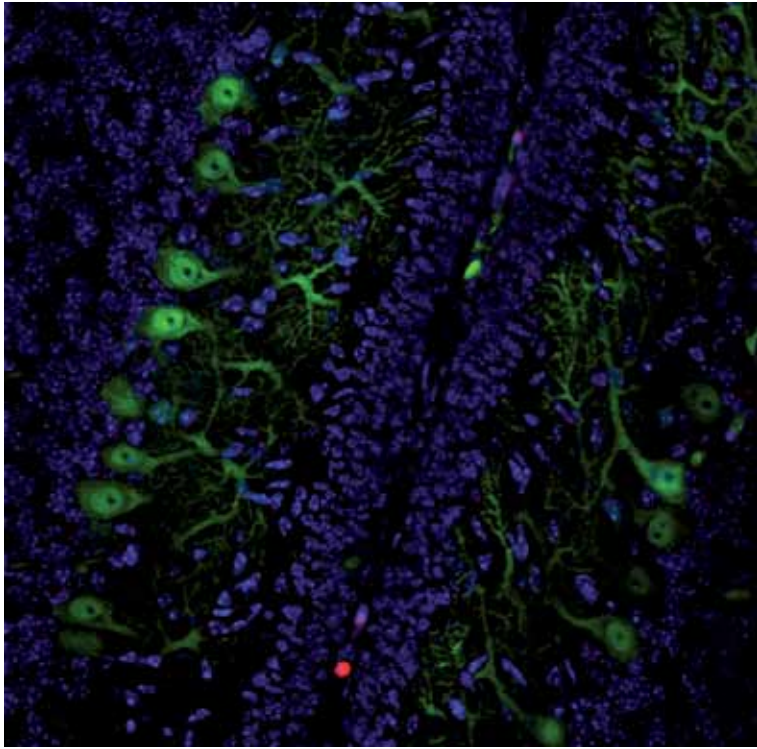
Fotografía: Biól. Gabriel Orozco.

Muestra: Dra. Guadalupe Maya Espinoza.





LA FOTOGRAFÍA COMO DOCUMENTO CIENTÍFICO

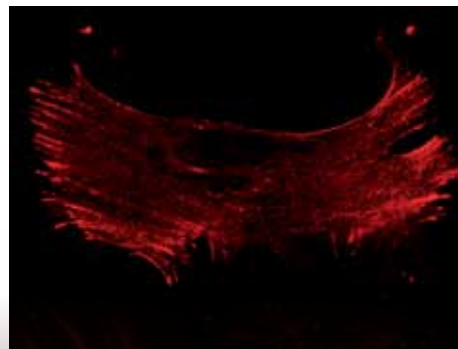


Tejido de cerebello

Purkinje en verde, núcleos en azul
y autofluorescencia roja.

Fotografía: Biól. Gabriel Orozco.

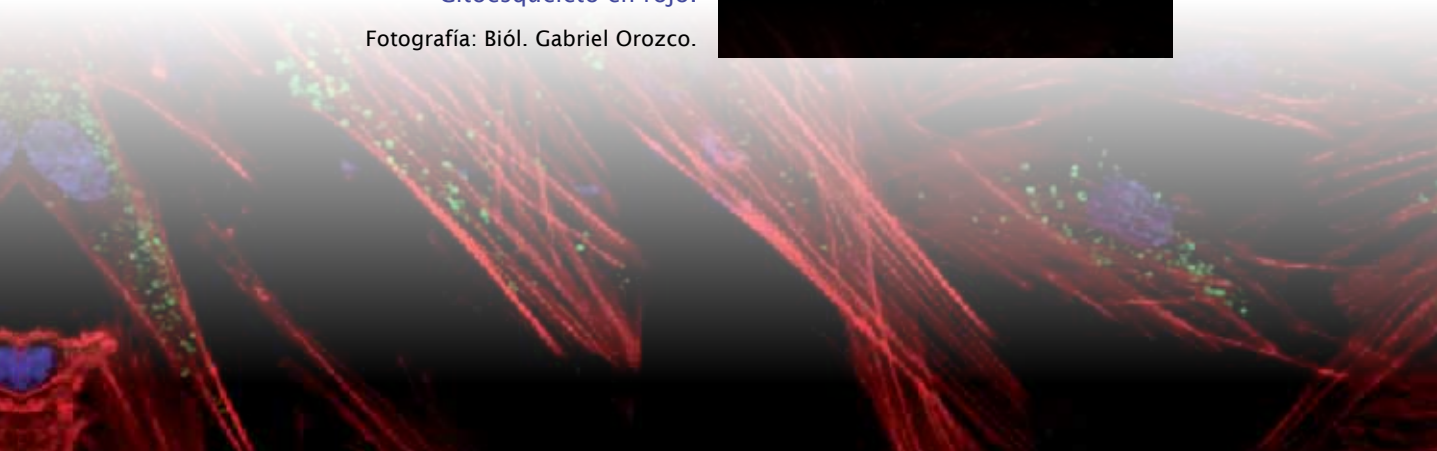
Muestra: Dr. Alejandro López.



Célula en cultivo

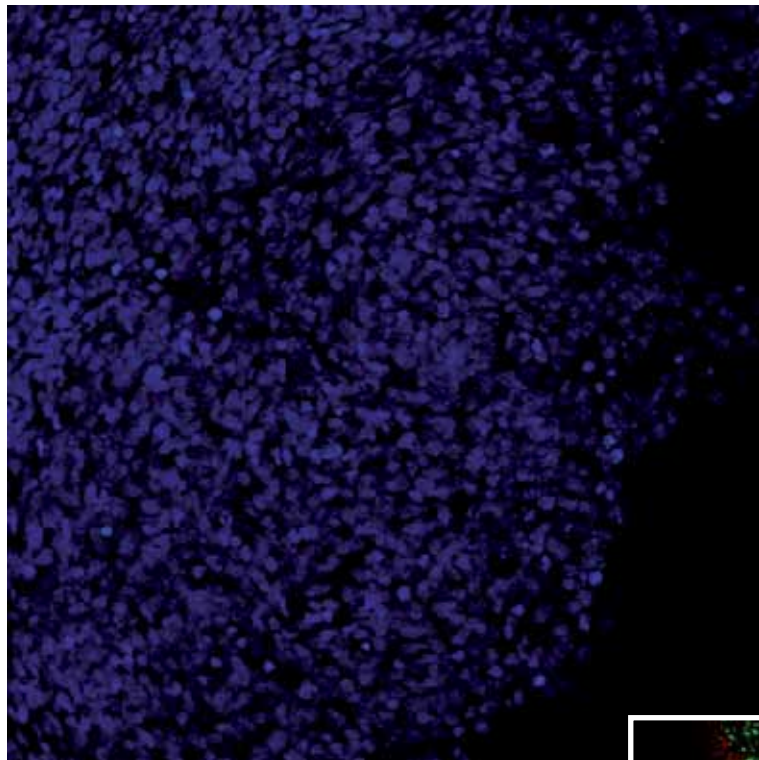
Citoesqueleto en rojo.

Fotografía: Biól. Gabriel Orozco.



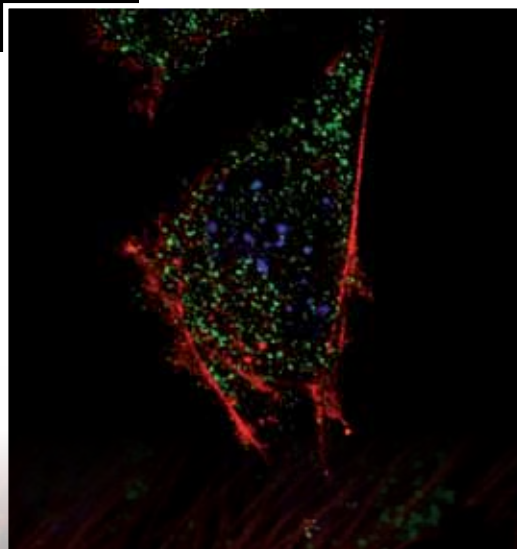


LA FOTOGRAFÍA COMO DOCUMENTO CIENTÍFICO



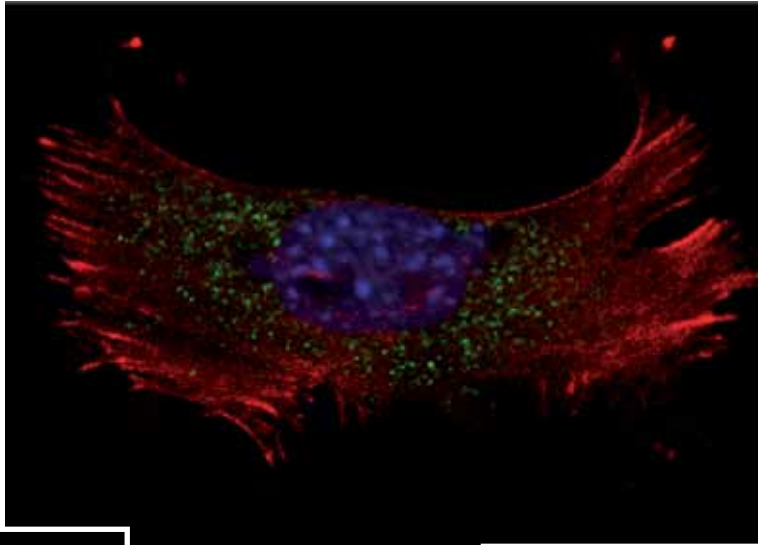
Injertos de células nerviosas Núcleos en azul.

Fotografía: Biól. Gabriel Orozco.
Muestra: Dra. Guadalupe Maya Espinoza.





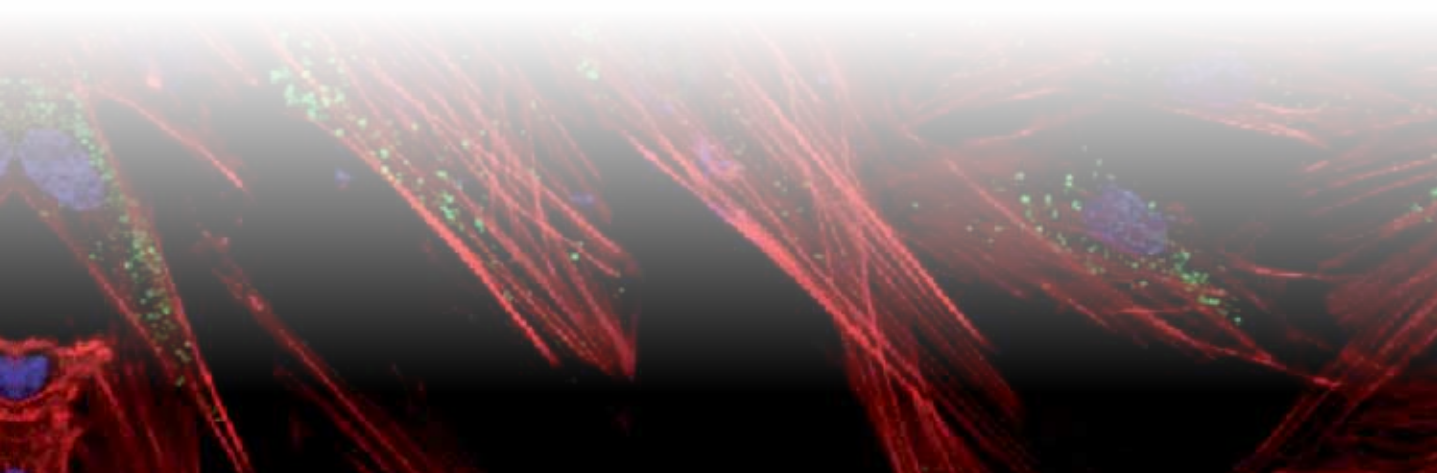
LA FOTOGRAFÍA COMO DOCUMENTO CIENTÍFICO

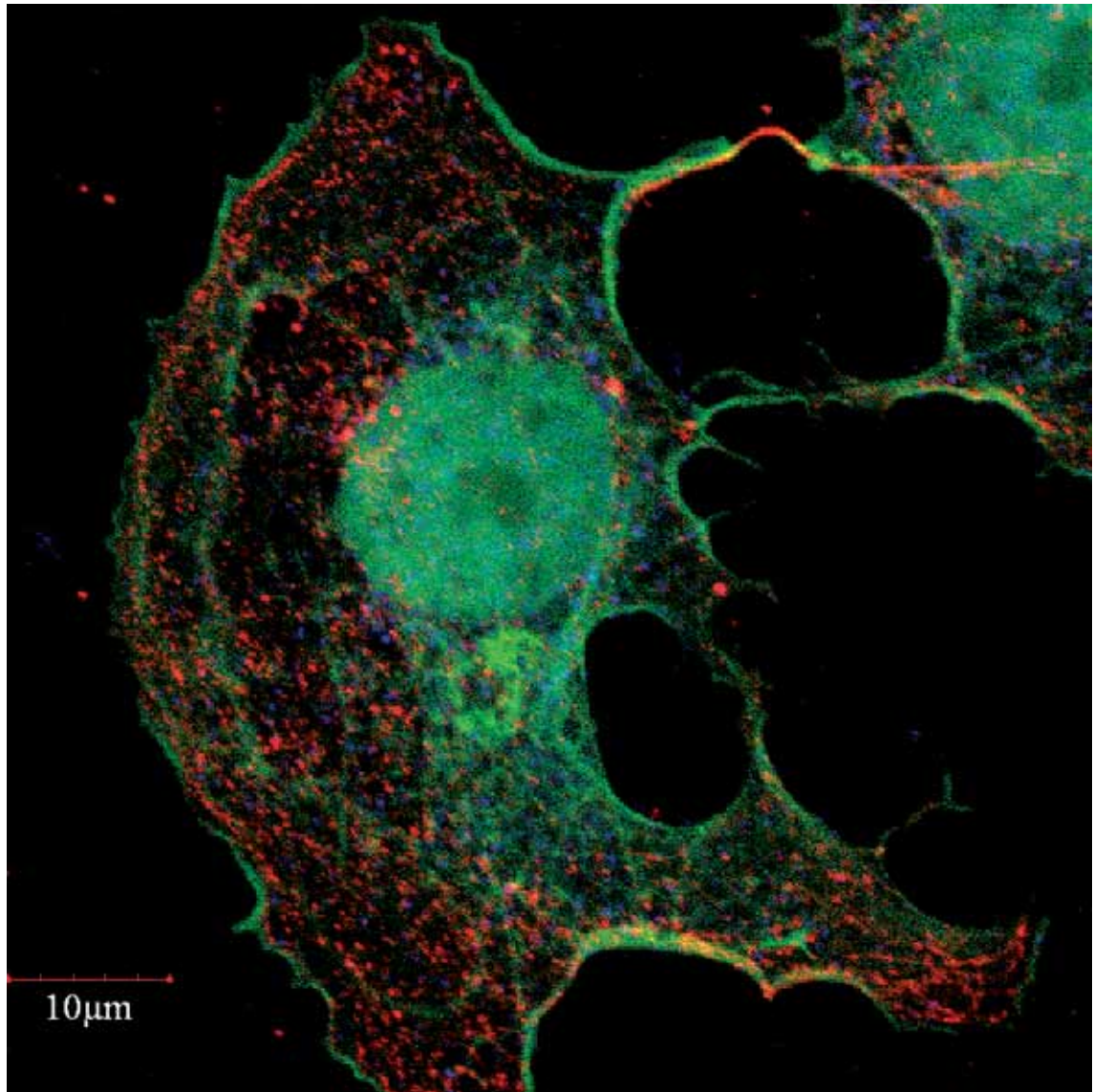


Célula en cultivo

Citoesqueleto en rojo, núcleo en azul y ribosomas en verde.

Fotografía: Biól. Gabriel Orozco.





Célula

Membrana en verde.

Fotografía: Biól. Gabriel Orozco, muestra: Dr. Julian Valdés.

Las fotografías de la sección Travesías fueron proporcionadas por la Unidad de Microscopía del Instituto de Fisiología Celular, UNAM. Se utilizó un microscopio focal espectral Olympus FV1000

La deconstrucción de los conceptos en física

Su potencialidad didáctica

PEDRO ÁNGEL QUISTIAN SILVA

Introducción

En un libro ahora famoso, *De la grammatologie*,¹ el filósofo posestructuralista francés Jacques Derrida introdujo por primera vez el concepto de “deconstrucción”. Éste consiste en rastrear la “construcción” de un concepto analizando su historia y sus cambios lingüísticos —de ahí su nombre—. El término fue acogido con gran entusiasmo y se usa ampliamente en Europa y Estados Unidos. Aunque originalmente aludía a la historia de la filosofía y la lingüística, actualmente ha trascendido su sentido original y se aplica en campos tan dispares como los estudios sobre medios de comunicación masivos o la política.

La palabra *deconstrucción* puede rastrearse hasta Heidegger, como el mismo Derrida explicó al crear esta palabra,² pues retomó la idea heideggeriana de *Destruktion*, entendida como desestructuración, y de *Abbau*, operación consistente en “deshacer una edificación (en sentido arquitectónico) para ver cómo está construida”. Para Derrida, los conceptos se han visto modificados por el proceso histórico y por los cambios lingüísticos, principalmente por la metonimia y la metáfora. La metonimia —que etimológicamente significa poner un nuevo nombre— es la operación de cambio semántico o cambio de significado que consiste en designar una cosa o concepto por otro, en atención a alguna relación entre ellos. Hay me-



tonimias de varios tipos: causa por efecto, efecto por causa, autor por obra, el todo por una parte, etc. La metáfora, que etimológicamente quiere decir *llevar más allá*, consiste en identificar un término real con uno imaginario, en relacionar dos conceptos de tal forma que, para referirse a uno, se usa el otro.

La deconstrucción no es un método para la crítica literaria ni una filosofía, sino una nueva forma de leer los textos. En este sentido la deconstrucción niega que las palabras denoten, es decir que tengan una definición precisa y objetiva, como la que pretenden los diccionarios.³ Por consiguiente, las palabras y el lenguaje son ante todo polisémicos y tienen una multiplicidad de lecturas. La principal característica del lenguaje, en consecuencia, es la alegoría, es decir hablar *figuradamente*.

De lo anterior resulta evidente que una obra tiene infinitas posibilidades de interpretación y que nunca se podrá reducir su totalidad a una sola idea o concepto. Cualquier texto no podrá nunca ser aprehendido (es decir comprendido) en su totalidad, pues el lenguaje está en continua circulación.

Un último comentario importante sobre la deconstrucción es su marcada interpretación semiótica de la significación, según la cual es deudora de la tradición saussureana del signo. En tal sentido, la deconstrucción disecciona el signo (analíticamente) para resaltar el significante⁴ y proponer que la lectura de cualquier texto es, además de comunicación, un trabajo de significación.

Y esto, ¿qué tiene ver con la física? La física (y en general la ciencia) aspira a construir significados más objetivos que los del lenguaje cotidiano, más unívocos y menos polisémicos.⁵ Sin embargo su lenguaje, al menos en principio, es el lenguaje cotidiano. En este sentido, la construcción de las ideas tiene las mismas características que cualquier otro concepto ordinario. Por lo tanto, podemos

esperar cambios semánticos y giros históricos en la evolución de los conceptos de la física. En este escrito analizaré dos ejemplos, uno de metonimia y otro de metáfora, mediante los cuales se han “construido” dos conceptos usuales, el trabajo y la temperatura.

Un ejemplo de metáfora: el trabajo

El origen de la energía, acaso el concepto más importante de la física, es el trabajo. Es frecuente encontrar en los textos el teorema del trabajo y la energía,⁶ proceso matemático mediante el cual, al aplicar la definición de trabajo (usualmente a la caída libre) se deduce la conservación de cierta cantidad (la energía mecánica), la que a su vez puede partirse en dos pedazos interdependientes (la energía cinética y la energía potencial). Sin embargo esta “deducción” tiene varios problemas de didáctica y no aporta mucho a la comprensión de la física:⁷ ¿por qué es el trabajo el producto de la fuerza por la distancia?, ¿por qué se le llama trabajo a esta cantidad?, ¿y por qué puedo usar el trabajo para estudiar la caída libre?

Creo que estos problemas pueden resolverse si se conoce el origen del trabajo. Desafortunadamente es difícil rastrear su origen. Dice Len Fisher en su hermoso libro *Cómo mojar una galleta*:⁸

Mi búsqueda en viejos artículos científicos, libros y enciclopedias me ha revelado que ningún científico ha “probado” nunca que “trabajo = fuerza ´ distancia”. Lo único que ha sucedido es que la cantidad conservada (fuerza ´ distancia) identificada como importante por Galileo, gradualmente se fue identificando con la palabra “trabajo”, de tal forma que hacia 1855, un siglo y medio después de la muerte de Galileo, los científicos habían definitivamente secuestrado esa palabra del lenguaje común. Su nueva definición fue aceptada sin discusión por científicos como Joule cuando estableció la equivalencia de calor y trabajo.

Sin embargo, lo que sí es seguro es que fue Galileo quien se dio perfecta cuenta de que esta cantidad, fuerza por distancia, era importante. En sus propias palabras: “[...]La ventaja adquirida por la longitud de la palanca no es más que la capacidad de mover de una sola vez ese pesado cuerpo que sólo podría ser transportado en piezas con la misma fuerza[...] y con igual movimiento, sin el beneficio de la palanca.”⁹ En otras palabras, puedes mover un peso, una cierta distancia de una sola vez, o dividirlo en porciones pequeñas para moverlas la misma distancia; el resultado físico es el mismo: moviste en ambos casos el mismo peso total la misma distancia (en lenguaje de la física, el trabajo fue el mismo).

Lo interesante de todo esto es que la identificación del trabajo con el producto fuerza por distancia estaba latente y es bastante plausible que, antes de Galileo o después de él, se reconociera que los dos factores involucrados, la fuerza y la distancia, tienen que ver con el esfuerzo que hace una persona con alguna herramienta o cargando algo. Imagine el lector por ejemplo lo siguiente: ve a dos albañiles cargando tabique en una construcción y se hace la siguiente pregunta ¿cuál trabaja más? Es

fácil concluir que trabajaría más quien cargara más tabiques (el *trabajo* es directamente proporcional a la fuerza —el peso en este caso—) o quien recorriera más distancia con su carga (el *trabajo* es directamente proporcional a la distancia).¹⁰

Aquí es donde aparece la metáfora: la identificación del esfuerzo en términos humanos (“trabajo”) con una cierta cantidad que mediante pruebas, ensayos y uso muestra su utilidad en la comprensión y descripción de los fenómenos. Es probable que una gran cantidad de conceptos se generaran por algún tipo de metáfora, relacionando alguna “realidad” humana con su modelado matemático.

Un ejemplo de metonimia: la temperatura

Como ejemplo de la segunda forma de cambio semántico, la metonimia, está la temperatura.¹¹ La temperatura originalmente se refería a líquidos. Proviene del verbo latino *temperare* que significa mezclar. Otra palabra relacionada, que en sus inicios se usaba en lugar de temperatura es *temperamento*. El médico griego Hipócrates la usaba para



explicar la salud o enfermedad según el equilibrio o desequilibrio de los fluidos corporales (sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra). Un desequilibrio agudo conduciría a la enfermedad y que el cuerpo se volviera anormalmente frío, caliente, seco o húmedo.

Galeno, gran admirador de Hipócrates, tomó la idea y la llevó un paso más allá. Dio por sentado que el clima influía en el equilibrio de los fluidos. Por lo tanto, el clima influiría en el carácter o *temperamento* de una persona: el cuerpo y alma de los habitantes de frío y húmedo norte sería salvaje y silvestre, mientras que el de los habitantes del seco y cálido sur sería flojo y flácido. Por supuesto que los que estaban bien equilibrados, y con un clima adecuado, eran los griegos y un poco los romanos.

La idea de la influencia del clima persistió durante cierto tiempo. Puede encontrarse, por ejemplo, en el trabajo de Johanness Hasler, de Berna, quien en 1578 publicó su libro *De logistica medica*, en el cual presenta una elaborada tabla de temperaturas de la gente en relación con la latitud en que vivían. Los residentes de los trópicos eran calientes hasta el grado cuatro, mientras que los esquimales eran fríos hasta el grado cuatro. Las personas que vivían entre las latitudes 40o y 50o donde Hasler vivía eran neutras, tenían temperatura cero. El siguiente paso fue medir la temperatura de cosas inanimadas y con ello llegó el termómetro.

Como puede verse en este breve recuento histórico, el camino fue el siguiente: mezcla de líquidos (origen de *temperare*), relacionar carácter y enfermedad con mezcla de líquidos (Hipócrates), relacionar el clima con la mezcla de los fluidos corporales (Galeno), invención del termómetro, etcétera.¹²

Es claro, por consiguiente, que en el proceso se transformó el significado de la temperatura (mezcla de líquidos) por el de clima (caliente, frío

o neutral) y de ahí a calor. Es una metonimia de tipo efecto por causa, se cambia el efecto (el equilibrio de líquidos, la temperatura) por la causa (el clima, el grado de caliente o frío), que provoca el primero. En la actualidad es tal el peso histórico de esta metonimia que las personas siguen confundiendo calor y temperatura.

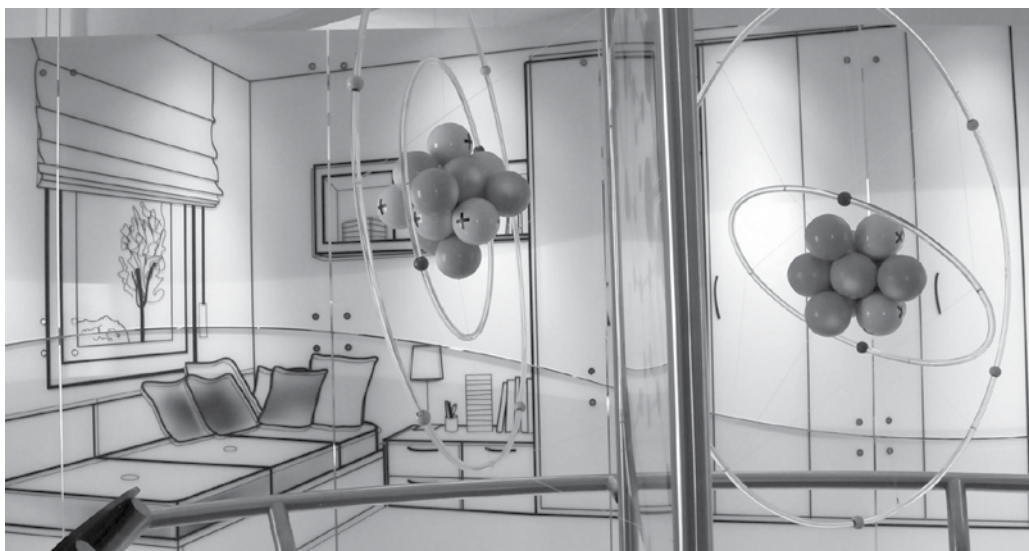
Conclusiones

En este trabajo traté de mostrar, con dos ejemplos concretos, que las ideas más recientes sobre el lenguaje pueden ayudarnos a comprender mejor los conceptos. El trabajo de deconstrucción se parece al del filólogo que busca trazar la evolución histórica de las palabras, con el añadido que aquí, además de palabras, tenemos conceptos científicos. En este sentido es evidente la importancia del estudio de la historia de la ciencia, pues ayuda a comprender mejor en qué circunstancias surgieron las ideas. Las investigaciones recientes sobre ideas previas han demostrado que, en muchos casos, éstas reproducen visiones antiguas sobre los fenómenos. Podemos mencionar, por ejemplo, el caso del motor aristotélico o de la confusión entre calor y temperatura ya citado aquí. Aún queda mucho por trabajar en esta relación entre lenguaje cotidiano y lenguaje científico. Hay algunos acercamientos relativamente novedosos como el de la doctora Candela del Cinvestav, quien mediante el análisis del discurso y la retórica de la ciencia, investiga cómo aceptan los alumnos la introducción de los conceptos científicos, o la intención profunda del francés René Thom, de crear la semiofísica. La mesa está puesta.

Notas

1. Hay versión en castellano: *De la gramatología*, Siglo XXI, México, 2000, 6a edición.
2. Carta a un amigo japonés. Véase en línea en http://www.jacquesderrida.com.ar/textos/carta_japones.htm

3. Como un ejemplo de que las palabras pueden tener significados adicionales al de su denotación, está la palabra *mediocre*, que significaría estar en medio, en donde está la mayoría. Sin embargo si alguien dice de otro que es un mediocre, seguramente el aludido se sentirá ofendido. Esto es porque las palabras, además de denotar también *connotan*, es decir tienen un valor adicional —al de su significado— o incluso un cambio de significación dado por el uso.
4. Ferdinand de Saussure, lingüista suizo que creó la semiología (en la actualidad se usan como sinónimos semiótica y semiología), propuso que el signo lingüístico tiene dos componentes: el significado y el significante. El significado es la imagen mental del objeto o concepto del que se habla, mientras que el significante es la representación de él, o ello, que hacemos en el lenguaje sea de manera escrita, hablada o dibujada. La obra de Saussure se ha traducido al castellano en varias editoriales. Por ejemplo, Ferdinand de Saussure, *Curso de lingüística general*, Fontamara, México, 2008. E incluso puede bajarse el libro completo de la Internet: www.uruguaypiensa.org.uy/andocasociado.aspx?275,758
5. Anticipándome a cualquier posible objeción a esta afirmación, traigo a colación un ejemplo de polisemia y qué papel tiene para la ciencia: la mecánica cuántica. Hay al menos una decena de interpretaciones de ella, entendidas como la forma en que hay que *comprender* sus resultados experimentales. Mientras no quede claro cuál de las posibles interpretaciones es la más *significativa*, es decir cuál relaciona mejor nuestra comprensión de la realidad, no sabemos del todo cuáles son sus posibilidades y consecuencias. Evidentemente durante la evolución de los conceptos y teorías, las múltiples posibilidades enriquecen la discusión, pero al final lo que la ciencia busca es una sola significación.
6. Mi buen amigo, el profesor Jorge Daniel Marroquín de la Rosa, menciona en sus libros que fue Leibniz quien dedujo el teorema trabajo-energía cuando estudiaba la caída de bolas metálicas sobre arena.
7. De hecho, esta exposición tradicional oscurece la física, al propiciar lo que se llama visiones *deformadas sobre la ciencia transmitidas por la enseñanza*. Me refiero en particular a la visión aproblemática y ahistórica en la que se transmiten conocimientos ya elaborados, sin mostrar los problemas que generaron su construcción ni su evolución. Es decir, según esta visión las ideas surgen espontáneamente, sin antecedentes, lo que favorece además una visión elitista, pues parece que a las personas se les ocurren cosas por arte de magia, por inspiración, sin hacer referencia a procesos de pensamiento y elaboración de hipótesis, ensayos, etc. Véase el artículo de Isabel Fernández, Daniel Gil, Jaime Carrascosa, António Cachapuz y João Praia, “Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza”, en *Revista Enseñanza de las Ciencias*, Universidad Autónoma de Barcelona, 2002, 20(3), pp. 477-488. El artículo puede encontrarse en línea en: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v20n3p477.pdf>
8. Len Fisher, *Cómo mojar una galleta: la ciencia en la vida cotidiana*, Random House Mondadori, Barcelona, 2003, p. 244.
9. *Ibid.*, pp. 70-71.
10. En mi caso, así introduzco en mis clases el concepto del trabajo, y creo que funciona.
11. En lo que a la historia de la temperatura se refiere, me basé en el libro de Ingo Muller, *A History of Thermodynamics*; Springer, Nueva York, 2007.
12. La historia continúa y es muy interesante; sin embargo mi objetivo aquí no es hacer ese resumen, sino mostrar el origen (mediante metonimia) de la temperatura. El lector interesado puede consultar la historia de la termodinámica citada en la nota anterior.



Enseñanza del proceso de replicación del ácido desoxirribonucleico (ADN)

Algunos aspectos históricos y epistemológicos a considerarse

MARÍA DOLORES ALCÁNTARA MONTOYA

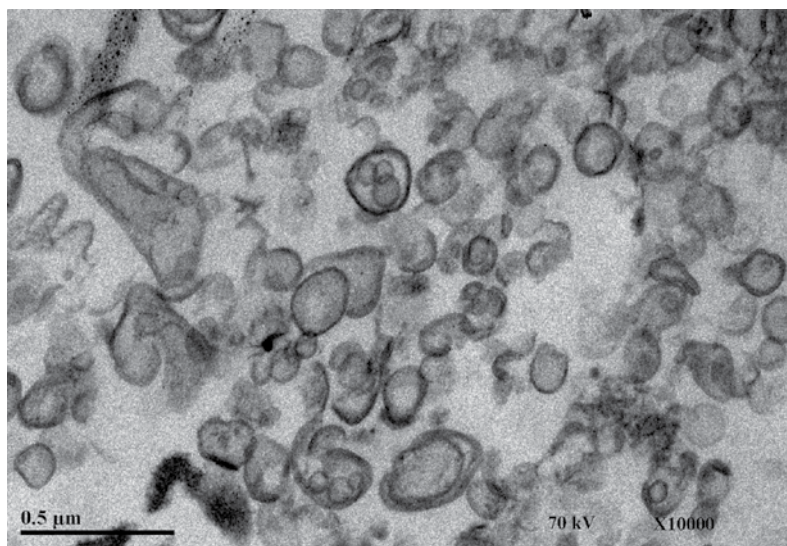
Actualmente nos encontramos en un momento en que la didáctica de la biología ha empezado a considerar las aportaciones potenciales de la historia y la filosofía de las ciencias para la enseñanza; incluso se puede utilizar explícitamente en la fundamentación de las estrategias didácticas. Por esta razón surgió el interés de destacar en este artículo el papel que desempeña el análisis epistemológico de la historia de la ciencia y considerar las ventajas que tiene esta visión en la formación de los alumnos, tanto para su concepción de ciencia como en el logro de aprendizajes. Así, comienzo con la siguiente interrogante: ¿Cuál es el mecanismo mediante el cual el ADN transmite la información genética en los sistemas vivos?

Con la finalidad de dar evidencias y datos científicos que apoyen el escrutinio de épocas pasadas y revalorar cómo se ha ido construyendo el conocimiento biológico —en este caso el conocimiento del proceso de la replicación del ADN tal como lo conocemos hoy en día—, me remontaré al año de 1935, cuando aparecieron las primeras reflexiones de Max Delbrück sobre las nuevas tareas de la genética; este físico ofreció a los investigadores del campo biológico nuevos problemas y formó el Grupo del Fago junto con Salvador Luria y Alfred Hershey. Tiempo después, en 1944,

Erwin Schrödinger, también físico, publicó un libro llamado *¿Qué es la vida? (What is life?)*, que influyó posteriormente en los trabajos de Maurice Wilkins, James Watson y Francis Crick. En su libro Erwin hacía las siguientes preguntas: ¿Cuál es la estructura física de las moléculas que se duplican cuando se dividen los cromosomas?, ¿cuál es el proceso de duplicación que debe entenderse?

Schrödinger no contestó estas preguntas, pero al plantearlas puso a la biología a moverse en un camino de descubrimientos durante la década de 1950, como el descubrimiento de la doble hélice del ADN. Con ello se inició una nueva etapa de la investigación relacionada con la biología molecular, y fue verdaderamente un momento histórico el que los físicos comenzaran a interesarse por los fenómenos biológicos.

El Grupo del Fago intentó dar respuesta a las preguntas que había formulado Schrödinger, y fue Delbrück quien demostró que un fago que infecta a una célula bacteriana puede dar lugar a cientos de fagos idénticos, lo que significó que había encontrado los mejores instrumentos, los fagos, para estudiar el proceso mediante el cual se transmitía la información genética a la descendencia: la replicación. Este descubrimiento tuvo importantes repercusiones en la interpretación del físico sobre los fenómenos biológicos, lo que queda demostrado en



plementariedad de bases no sólo daba el plan básico de la estructura y estabilidad del ADN, sino que también mostraba la manera en que puede hacer copias de sí mismo: “Si la propuesta es correcta [en cuanto a la estructura del ADN], esto implica de inmediato que hay un mecanismo para su duplicación”.³ No cabe duda que Watson y Crick habían lanzado una hipótesis interesante, basada en los datos de su propio modelo.

la siguiente reflexión: “Cuando un físico maduro se encuentra por primera vez con los problemas de la biología, es sacudido por la circunstancia de que en biología no hay fenómenos absolutos”.¹

En 1951 Watson y Crick, influidos por el libro *¿Qué es la vida?*, se dedicaron a trabajar en la estructura del ADN, y así, además del “primer retrato” del ADN, estos científicos plantearon la hipótesis de cómo se duplicaba el ADN, la cual mencionan en un artículo que publicaron en la revista *Nature* el 30 de mayo de 1953, donde muestran los conocimientos predominantes de la época: “no obstante, hasta ahora no se ha demostrado la manera en que se lleva a cabo la operación esencial que requiere el material genético, es decir, la de su duplicación exacta”.² En este sentido, los autores señalan que una molécula puede llevar en sí el material genético de los sistemas vivos sólo si se duplica. Con esta posición, Watson y Crick demostraron una visión dinámica de la ciencia al conceder importancia al nivel del conocimiento existente y al considerarlo como base de una hipótesis, de una teoría futura o de una investigación científica. Así, por ejemplo, los datos de Chargaff dieron lugar a que en 1952 el dúo considerara que el apareamiento por com-

En términos generales supusieron que el molde se copiaba a sí mismo directamente o bien que producía un *negativo* que a su vez actuaba como molde y producía de nuevo el *positivo* original. También partieron del supuesto de que, antes de la duplicación, los enlaces de hidrógeno se rompen y las cadenas se desenrollan y separan. Ya separadas, cada cadena actuaba como molde para la formación de una cadena nueva complementaria. Según ellos, al final se obtenían dos pares de cadenas y no sólo una, además de que señalaron la fidelidad del proceso al considerar que las bases se duplicarían con exactitud. De esta manera, se planteó una explicación tentativa del fenómeno biológico que representaría entonces el modelo del proceso de replicación del ADN.

No obstante, tanto para los ganadores del premio Nobel como para la comunidad científica faltaban problemas por resolver: ¿Qué es lo que hace que el par de cadenas se desenrollen y separen? ¿Hay proteínas relacionadas con el proceso? ¿Sólo se requiere una hebra de ADN para poder duplicar dos cadenas? Faltaban pues, indudablemente, datos científicos que pudieran explicar en forma empírica el fenómeno natural.

Replicación del ADN en el proceso biológico

Inmediatamente antes del descubrimiento de la estructura del ADN, era preciso resolver otra gran problemática: entender con exactitud cómo se transmitía la información genética y, consecuentemente, cuál era y cómo se realizaba el proceso. A la hipótesis planteada por Watson y Crick sobre cómo era el proceso de la replicación del ADN, modelo que se calificó como *semiconservativo*, se dieron otras explicaciones tentativas entre las que están las formuladas por Delbrück y Gunther Stent, quienes propusieron los modelos de replicación dispersiva y modo conservativo. Lo único que faltaba era someter estas tres hipótesis al riguroso escrutinio del método científico y del juicio de pares. El entendimiento del mecanismo de replicación del ADN era, sin duda, una condición indispensable para la comprensión de los procesos de transmisión de la información hereditaria, sobre todo porque ya se había redescubierto el trabajo de Mendel y se sabía que el ADN era la molécula portadora de la información genética y ya se conocía cuál era su estructura.

Para comprender cómo se fue construyendo lo que hoy conocemos como replicación del ADN, tenemos que analizar lo siguiente: ¿qué preguntas se generaron al respecto?, ¿cuál fue el método mediante el cual pudieron obtener evidencias de cómo funciona el proceso? y ¿cuáles fueron las explicaciones que se elaboraron a partir de esos datos?⁴

Una vez conocida la estructura del ADN y las tres hipótesis propuestas por Watson, Crick, Delbrück y Stent sobre cómo ocurre la duplicación del ADN, la interrogante pudo haber sido la siguiente: ¿Cómo funciona el proceso de la replicación del ADN? Para responderla, los investigadores diseñaron y desarrollaron una investigación

científica con la información de ese tiempo, con el propósito de obtener bases empíricas que permitieran la explicación del fenómeno y mejorar la comprensión del proceso de transmisión de la información genética generación tras generación. Pero ¿cuál fue el método mediante el cual pudieron obtener evidencias de cómo se desarrollaba el proceso?, ¿el proceso es de manera semiconservativa, dispersiva o conservativa? En primera instancia, el evolucionista, enzímologo y genetista de poblaciones J.B.S. Haldane propuso el uso de nitrógeno pesado para conocer la naturaleza química de los genes.

Con respecto a la propuesta anterior aparecieron los trabajos experimentales de Meselson, Stahl, J. Herbert Taylor, Philip Woods y Walter Huges y el modelo semiconservativo. El método de Meselson y Stahl se hizo con el ADN de la *Escherichia coli* (*E. coli*); estos científicos también introdujeron la técnica de separación por gradiente de densidad (separación por peso) y publicaron sus hallazgos el 14 de mayo de 1958 en el número 44 de la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*. El método consistió en hacer crecer células de *E. coli* durante algunas generaciones en un medio donde la única fuente de nitrógeno era el cloruro de amonio ($^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$). Dejaron que las células de *E. coli* se replicasen durante algunas generaciones y posteriormente esas células de *E. coli* se cambiaron a un medio rico en ^{14}N . Después de algunas generaciones, se aisló el ADN y se centrifugó para detectar la densidad; después de una generación había una banda de densidad intermedia, es decir, moléculas de ADN que contenían $^{15}\text{N} - ^{14}\text{N}$. El resultado que se obtuvo permitía deducir que la replicación se realizaba en forma semiconservativa, donde cada molécula replicada estaba compuesta de una cadena “nueva” con ^{14}N y una “vieja” con ^{15}N . Esta evidencia empírica no era congruente con la hipótesis de que el

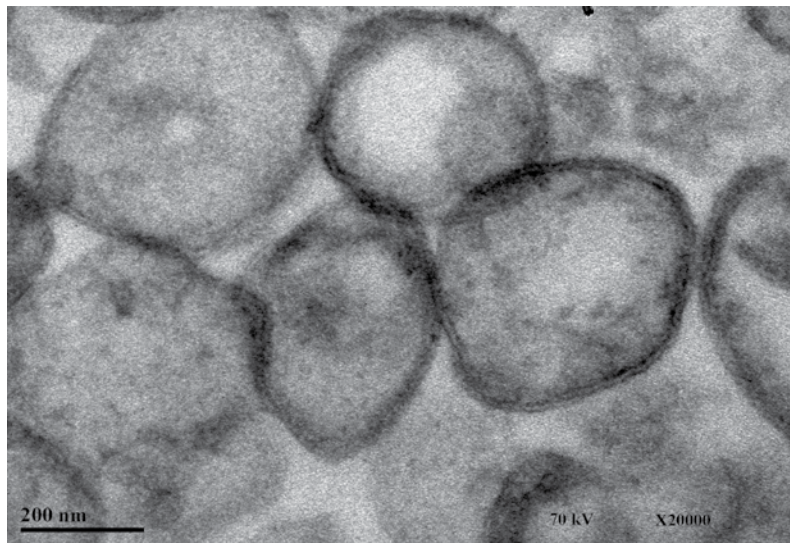
modelo de la replicación del ADN es conservativo; es decir, las cadenas parentales o viejas se reasociarían y por lo tanto deberían visualizarse dos bandas distintas de ^{15}N y ^{14}N . Aunado a lo anterior, Meselson y Stahl realizaron un segundo experimento en el que separaron por calor una de las moléculas híbridas ($^{15}\text{N} - ^{14}\text{N}$) y determinaron su densidad, lo que hizo que se percataran de que había dos pesos: uno ligero y otro pesado, pero no había uno intermedio.

Los datos derivados de este segundo trabajo experimental tampoco proporcionaron evidencias para apoyar la hipótesis de la replicación dispersiva. Por lo tanto, los datos apoyaban la hipótesis de que el proceso de la replicación del ADN se llevaba a cabo de manera semiconservativa. Al respecto reflexionemos lo siguiente: de los tres modelos propuestos, la explicación o hipótesis más sencilla era el modelo semiconservativo. En ciencia sí existe una explicación compleja y otra sencilla que dan cuenta de los hechos, y se prefiere la sencilla porque los datos no se contradicen tanto como la explicación compleja.

Por otra parte, para corroborar y descubrir si la replicación del ADN funcionaba de la misma

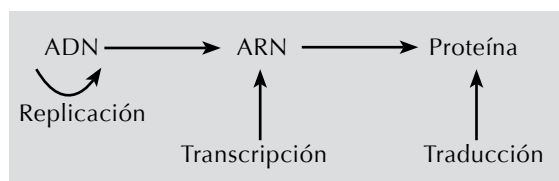
manera en células eucariontes que en las células bacterianas, J. Herbert Taylor, Philip Woods y Walter Huges realizaron una investigación con puntas de raíz de haba (*Vicia faba*). Pero ¿cuál fue el método mediante el cual pudieron obtener evidencias de cómo funcionaba el proceso? A diferencia de Meselson y Stahl, Taylor, Woods y Huges utilizaron un radioisótopo (timidina- ^3H) que con la autorradiografía puede determinarse su localización dentro de la célula; gracias a este método observaron manchas oscuras o “granos” en la superficie, con lo que identificaron el ADN recién sintetizado dentro de la célula. Con el fundamento de la técnica en mente, Taylor y colaboradores colocaron las puntas de raíz en presencia de radioisótopo y las dejaron crecer durante una generación; posteriormente las transfirieron a un medio sin marcar donde la división celular continuó; por último detuvieron el proceso de división y observaron los cromosomas. Encontraron los siguientes datos: sólo había radioisótopo o manchas oscuras asociadas al ADN recién sintetizado. La explicación de estas evidencias científicas fue que, debido a la presencia del radioisótopo, en una de las cadenas de ADN había indicios de que contenía una cadena “nueva” de ADN radiactiva y una cadena “vieja” no marcada.

Ante datos como éstos podemos señalar que el conocimiento de la replicación de la información genética clarificó muchas dudas sobre cuál era el mecanismo mediante el cual podía transmitirse el ADN a las siguientes generaciones —y cómo se llevaba a cabo—, que preservaba el genoma fielmente en los sistemas vivos. Una vez más, la



ciencia con su método riguroso nos permite comprender el mundo biológico, proporcionándonos explicaciones más puntuales y mucho más cercanas a la realidad de tales fenómenos biológicos.

A manera de ejemplo, y para concluir, en 1957 Crick publicó un artículo con algunas ideas que compartía con Watson, en el que sentaba las bases de lo que se llamó “El dogma central de la biología molecular”.



Al igual que el descubrimiento de la replicación del ADN, cada uno de los procesos presentes en el dogma central de la biología ya cuenta con un soporte experimental sólido, bado por el poder del dato y del uso de la investigación científica, la cual es tan ordenada que los investigadores pueden tener una confianza crítica en los resultados. Estas bases científicas podrían considerarse a la hora de enseñar en clase los temas de biología.

Notas

1. Max Delbrück, “Un físico se asoma a la biología”, en Mario Castañeda (ed.) *Antología de biología molecular*, UNAM, México, 1973, p. 23.
2. James D. Watson, y Francis H. C. Crick, “Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid”, en *Nature*, núm.171, p. 965.
3. *Ibid.*
4. Tomé la idea del análisis de la pregunta, el método y la explicación de Jorge Ricardo Gersenowies, “La construcción del conocimiento biológico”, en *Didáctica de la Biología II, diversidad biológica*, FES Iztacala-UNAM, México, 2010, p. 63.

Las imágenes para este artículo fueron proporcionadas por la Unidad de Microscopía del Instituto de Fisiología Celular, UNAM. Utilizando un microscopio electrónico de transmisión Jeol 1200 EXII.

Págs. 63 y 65, Dr. Dimitris Georgellis, Dr. Rodolfo Paredes, *membranas totales E. coli*.

Bibliografía

- BARAHONA, Ana, y Suárez, Edna, *Filosofía e historia de la biología*, UNAM, México, 2003.
- BOLÍVAR, Francisco Gonzalo (coord.), *Fronteras de la biología en los inicios del siglo XXI*, El Colegio Nacional, México, 2003.
- DELBRÜCK, Max, “Un físico se asoma a la biología”, en Mario Castañeda (ed.) *Antología de biología molecular*, UNAM, México, 1973.
- GARCÍA BARRENO, Pedro, “La conexión físico-química del descubrimiento del ADN”, en *Cincuenta años de ADN. La doble hélice*, Madrid, Espasa, 2003.
- GERSENOWIES RODRÍGUEZ, Jorge Ricardo, “La ciencia y el enfoque científico”, en *Didáctica de la Biología II, diversidad biológica*, México, UNAM-FES Iztacala.
- , “La construcción del conocimiento biológico”, en *Didáctica de la Biología II, diversidad biológica*, México, UNAM-FES Iztacala, 2010.
- KLUG William S., Cummings, Michael R., Spencer, Charlotte A., y Michael A. Palladino, *Conceptos de genética*, 8a edición, Pearson Educación, S. A., Madrid, 2006.
- LAFRANCESCO, Giovanni Marcelo, *Didáctica de la biología*, Editorial Magisterio, Bogotá, 2005.
- LEDESMA MATEOS, Ismael, *Historia de la Biología*, AGT Editor, 2000.
- LEWONTIN, Richard, *Genes, organismo y ambiente: las relaciones causa efecto de la biología*. Gedisa, Barcelona, 2000.
- MESELSON, Matthew, y Franklin W. Stahl, “The replication of DNA in Escherichia coli”, en *Proceedings or the National Academy of Sciences of the United States of America* (PNAS), vol. 44, núm. 7, 1958.
- ONDARZA, Raúl N., *Biología molecular: antes y después de la doble hélice*, Siglo XXI Editores, México, 1994.
- PÉREZ TAMAYO, Ruy, “El mundo después de Watson y Crick”, El Colegio Nacional, México, 2002.
- WATSON, James D., y Crick, Francis H. C., “Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid”, en *Nature*, vol.171, núm. 4361, 1953.
- , “A structure for deoxyribonucleic acid”, en *Nature*, vol. 171, núm. 4356, 1953.

Religión y ciencia pitagórica

ISRAEL DE CUESTA

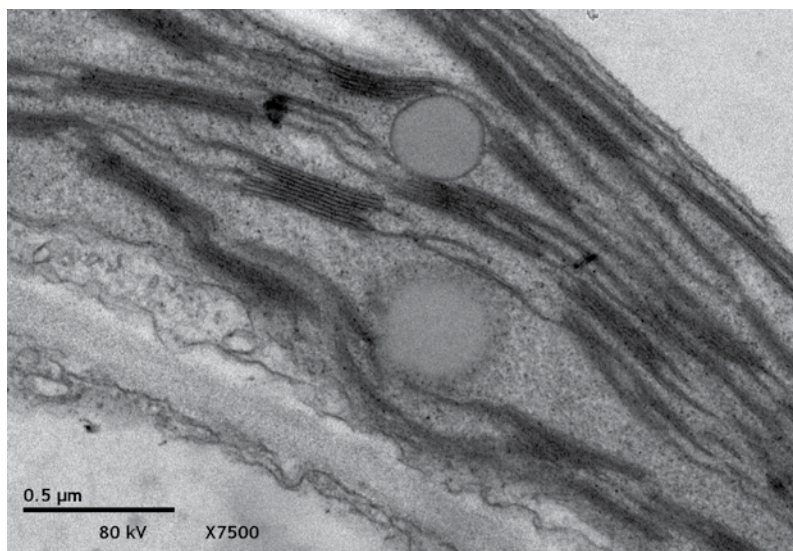
El presente trabajo tiene como finalidad estudiar la relación entre ciencia y religión tal como aparece expresada en el pensamiento pitagórico, con la finalidad de comprender por qué en la filosofía antigua, lejos de concebirlas como contrapuestas, configuraban un todo que explicaba lo que ocurría en el mundo y cómo debía vivirse en él.

Con este fin el tema se desarrollará en tres partes fundamentales: en la primera abordaremos las noticias que han llegado hasta nosotros sobre Pitágoras y los pitagóricos y trataremos de entender la complejidad propia de esta secta; en el segundo apartado estudiaremos sus planteamientos en torno a la religión y sus prácticas de purifi-

cación del alma; finalmente, en el tercer apartado, veremos algunos de los aportes de la escuela pitagórica en el terreno de la ciencia, así como su relación con la religión. En las conclusiones veremos de qué modo los elementos planteados integran un conjunto de creencias en el que religión y ciencia se encuentran unidas por el concepto de *theoría*, que puede entenderse como contemplación.

Pitágoras o el pitagorismo

Pitágoras es una figura que desde la Antigüedad ha generado grandes polémicas y por ello atrae el interés de quienes tratan de comprender el origen de la filosofía y la ciencia occidentales. En realidad es



poco lo que sabemos de su vida, a tal grado que hay quienes se han atrevido a dudar de su existencia.

Nos ha llegado noticia de que nació en Samos aproximadamente en el año 570 a. C. Se dice que estuvo en Egipto donde tuvo por maestro a Zo-roastro. De acuerdo con Aristóxeno, un músico pitagórico, emigró hacia Italia aproximadamente a los 40 años debido a la tiranía ejercida por Polícrates en su tierra natal. Fijó su residencia en Crotona en donde formó una secta de carácter religioso, político y filosófico. De acuerdo con Dicearco, Pitágoras saneó la moral en Crotona exhortando a viejos, jóvenes y mujeres para que abandonaran la vida de lujuria que llevaban y que practicaran la simplicidad. Esta actividad educativa da cuenta de la importancia que Pitágoras cobró entre los habitantes de Crotona y de la cercanía que tuvo con sus pobladores, lo que favoreció la consolidación de su secta.

Sin embargo el cretense Cilón, al intentar incorporarse a la secta pitagórica, fue rechazado por el mismo Pitágoras debido a su carácter, que Aristóxeno describe como *violento, turbulento y tiránico*; es decir, se oponía al estado de tranquilidad perseguido por los miembros de la escuela. Por esta razón Cilón encabezó una revuelta en contra de los pitagóricos, provocando que su máximo representante huyera a Metaponto, donde murió al año siguiente. Tan intensa fue la persecución, que se cuenta que en una reunión pitagórica en casa de Milón en Crotona, los cilonios incendiaron la casa y quemaron a casi todos, a excepción de Arquito y Lisis. El motivo de esta reunión era político; es por ello que autores como Kirk y Raven, o Alberto Bernabé piensan que el poder político de los pitagóricos en Italia era muy grande y que incluso pudo ser ésta una de las causas principales que dieron lugar a dicha rebelión.

Además de esta información nos ha llegado una serie de fragmentos relacionados con los

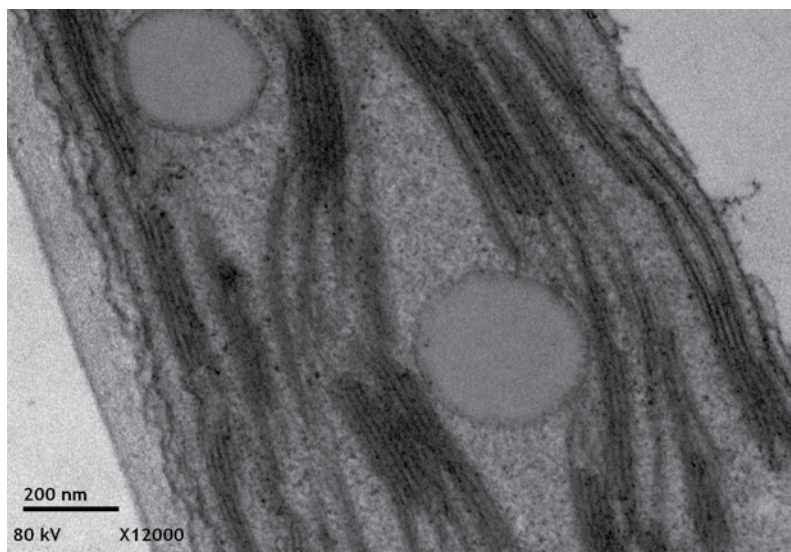
milagros realizados por Pitágoras. Por ejemplo, se dice que una de sus piernas era de oro o que hubo quienes lo pudieron observar en Crotona y Metaponto el mismo día y a la misma hora. Estas descripciones relacionadas con el carácter místico del fundador de la escuela hacen dudar de los descubrimientos que se atribuyen a Pitágoras. Otro debate que hace difícil comprender el pensamiento de este filósofo es que hasta nosotros no ha llegado ningún escrito que proceda de su autoría. Incluso los doxógrafos de la Antigüedad, como Diógenes Laercio, ponían en duda que hubiera escrito algo, cuestionando la autoría de algunos libros que se decía que Pitágoras había escrito. No obstante, esto último no demerita la influencia posterior de algunas de las ideas atribuidas a éste en pensadores tan importantes como Platón o los desarrollos alcanzados por los pitagóricos en el terreno de las matemáticas.

Por todo lo anterior es importante señalar que, en lugar de hablar del personaje de Pitágoras, en este trabajo nos referiremos a los logros conseguidos por la escuela pitagórica. Sólo hablaremos del fundador de la secta cuando la fuente sea confiable o contribuya a la comprensión de las creencias de los pitagóricos.

Religión y moral

Porfirio, en su *Vida de Pitágoras*, sintetiza el saber que probablemente transmitió Pitágoras a sus seguidores:

Lo que decía a sus compañeros nadie puede decirlo con seguridad; pues el silencio entre ellos era corriente. Sin embargo, todos llegaron a conocer que sostenía primero, que el alma es inmortal, segundo, que se transformaba en otra clase de seres vivos, y también que los seres retornaban cada ciertos ciclos y que nada era absolutamente nuevo y, por fin, que todos los seres vivos debían considerarse emparenta-



dos. Parece que Pitágoras fue el primero en introducir estas creencias en Grecia.¹

A estos elementos hay que añadir algunas de las preocupaciones de la escuela que giraron en torno a la armonía y las relaciones entre los números. El pequeño fragmento antes citado hace referencia a que la práctica del silencio entre los pitagóricos era algo muy importante; éste es un factor más al que se atribuye que no conozcamos con suficiente profundidad las doctrinas elaboradas por el maestro.

Pese a la división de la secta causada en buena medida por la persecución sufrida, Porfirio intenta decirnos que los pitagóricos compartían un núcleo de creencias en torno al tema del alma. La inmortalidad del alma y su transmigración es una de las enseñanzas principales entre los pitagóricos. Sobre este tema se ha realizado una gran cantidad de análisis considerables, pues no es una cuestión menor, ya que se considera que influyó directamente en la teoría de las ideas de Platón.

De acuerdo con Kirk y Raven ésta es una enseñanza que sí puede atribuirse directamente a Pitágoras, aunque encontremos testimonios que sos-

tengan que no era originaria de Grecia. Diógenes Laercio nos cuenta que este pensador, según Heráclides Póntico, guardaba memoria de todas las reencarnaciones que su alma había vivido desde Etálides, hijo de Hermes, hasta él mismo.² No obstante, avanzando más allá del misticismo que encierran estas ideas, podemos identificar algunos elementos propios del pensamiento pitagórico que nos permitirán comprender cuál era el papel de la filosofía y cuál el de la ciencia.

Una de las características más importantes de la escuela pitagórica es que conciben al alma como un ser inmortal que transmigra de cuerpo en cuerpo. Porfirio atribuye a Pitágoras esta enseñanza que se ha interpretado de múltiples formas. Kirk, Raven y Schofield comentan que se concibe la reencarnación a partir de una *psyche*, una de cuyas traducciones es alma pero que significaba “principio de vida”, “mente”, “uno mismo”; de modo tal que sería este principio de vida o la esencia de la persona la que pasa de un cuerpo a otro, de acuerdo con los ciclos de la transmigración.

El alma del hombre es inmortal porque se ha separado del alma divina, es un pequeño fragmento o una chispa de ésta. Este carácter permite

establecer una relación estrecha entre el hombre y la divinidad, entre la naturaleza y lo divino.³ Esta identificación entre la *psyche* y la divinidad expresa una idea muy importante sobre la corporalidad entre los pitagóricos, visión compartida con el orfismo que nos permite reconocer el lugar del cuerpo entre los pensadores clásicos: el cuerpo es una especie de prisión en la que alma se encuentra encerrada, es un peso que no le permite liberarse de lo material para poder acceder a su conexión con la divinidad. El cuerpo es una especie de velo que impide realizar un juicio correcto sobre las almas de los hombres, pues se puede dar el caso de que “las almas malvadas” estén revestidas con un cuerpo bello, velo que no permite apreciar la esencia, el sí mismo, de la persona y puede conducir a un juicio incorrecto.⁴ Ahora bien, si el microcosmos y el macrocosmos tienden a identificarse, el fin de la *psyche*, o alma, será precisamente escapar del cuerpo, de esa serie de reencarnaciones, del ciclo que la lleva de un cuerpo a otro, para unirse con el alma universal, eterna y divina. De este modo, escapar del ciclo de reencarnaciones significa retornar al origen divino.

El cuerpo para los pitagóricos es entonces aquello que impide el pleno desarrollo del alma humana y su purificación implicará una serie de ejercicios que le permitan despegarse plenamente de él para escapar del ciclo de reencarnaciones. Por ello es que Apolo será venerado por los pitagóricos porque representa el límite, la moderación y el orden; ideales que permiten tener una vida de santidad y pureza, que posibilitan liberar al alma de las cadenas que lo atan al cuerpo. Inscritos en el templo de Apolo se encontraban los preceptos “nada en demasía” y “observa el límite” que guiarán la vida de los pitagóricos.

Por tal motivo se abstenían de comer ciertos alimentos y de sacrificar a ciertos animales (debido a la posibilidad que tenía el alma de reencarnar en

ellos), y practicaban una serie de reglas morales que han recibido múltiples interpretaciones. “No remuevas el fuego con un cuchillo” es un precepto que se ha interpretado como una invitación a los hombres a no remover las pasiones de un hombre irritado, pues las consecuencias pueden ser perjudiciales. “No pases nunca por encima de una balanza”, que podría entenderse como que los hombres no deben pasar por encima de la justicia, sino más bien acatarla.

Los preceptos anteriores y otras prohibiciones tenían la finalidad de purificar el alma. Junto con ello encontramos una idea más que resulta de gran importancia para comprender la perspectiva pitagórica: la filosofía como una metodología o un camino de purificación del alma.

Ciencia

En este conjunto de creencias en torno al alma, al mundo y a la forma de vida de los hombres, los pitagóricos hicieron hincapié en una práctica muy importante que haría posible la purificación: la *theoría*. La filosofía, como ejercicio de la razón y de la observación cuyo fin es obtener un conocimiento universal, incluye precisamente a la *theoría*, pero ¿qué se puede entender por esta última? *Theoría* puede entenderse como contemplación o especulación de la mente. Comúnmente se atribuye a Pitágoras el término *filosofía*; lejos de entrar en este debate es importante citar a Diógenes Laercio para comprender cómo se relaciona la filosofía con la teoría y cómo da pie esta relación a la búsqueda de la verdad: “Dijo también [Pitágoras] que la vida se parecía a un festival olímpico. Porque, así como a éste acuden los unos a competir en los juegos, otros por motivos de negocios y los más dignos como espectadores, así en la vida unos son de naturaleza servil, otros son cazadores de fama y fortuna y los otros filósofos que van en pos de la verdad.”⁵

La visión de los pitagóricos acerca de la vida y la sociedad puede comprenderse a partir de este fragmento. Sin embargo, en nuestro caso nos permite identificar la actitud filosófica que caracteriza a quienes buscan la verdad y que tal actitud puede comprenderse como contemplativa. No se trata de la fama y de la fortuna ni tampoco de la diversión, sino de un ejercicio que busca los conocimientos últimos mediante la contemplación, práctica para la cual el cuerpo es aquello que debe domarse, controlarse.

La *theoría* tendrá entonces una doble función dentro del pensamiento pitagórico: por un lado posibilita la purificación del alma, pues permite el conocimiento del límite y el orden y cómo debe conducirse el hombre si quiere escapar de la reencarnación. El límite queda comprendido aquí como la prescripción apolínea que nos lleva a la moderación del apetito mediante el seguimiento de las disposiciones sobre la alimentación y al control de la manera de actuar gracias a las normas morales. Este conjunto permitirá que el alma se purifique de los deseos propios del cuerpo.

Por otro lado, la *theoría* es contemplación, pero lo es de la naturaleza y del universo. Por ello permite desarrollar un conocimiento profundo del *kósmos*, de su orden, disposición, perfección estructural y belleza. La filosofía es el camino por el que podemos llegar a descifrar qué es la naturaleza, cuál es su composición, cuál su orden o *logos*. La *theoría* tendría entonces un aspecto doble entre los pitagóricos: estará relacionada con la purificación del alma y dará pie a los desarrollos científicos que tradicionalmente se ha atribuido a esta escuela. Además, este término será la expresión de una relación que para nosotros resulta difícil, pero que para los pitagóricos componía un conjunto armónico difícil de desligar: lo racional y la filosofía estaban vinculadas intrínsecamente a la religión.

En este entramado de relaciones entre reli-

gión y ciencia tuvo lugar una serie de descubrimientos científicos importantes, que sin embargo no escapan a él. Es importante mencionar que también esta relación dio pie a equívocos que los filósofos nos han transmitido en su interpretación de estas doctrinas.

La investigación de la naturaleza, de ese *kósmos* concebido por los pitagóricos, se realizó mediante el estudio de la música, la astronomía, la geometría y la aritmética. La música llevará a los pitagóricos a analizar la armonía, entendida como aquella proporción por la que se puede establecer una escala musical y como adecuación de las cosas entre sí. Este último sentido tendrá un gran impacto en el pensamiento pitagórico y se articulará a la idea de que todas las cosas son en sí un número, lo que significa que para ellos las unidades numéricas poseían magnitud, tenían peso y volumen, por lo que sostuvieron que la totalidad de las cosas estaba compuesta por números. Los números pueden concebirse a partir de los conceptos de lo limitado y lo ilimitado, de lo par e impar;⁶ con base en esto, las figuras geométricas se forman a partir de los números y, finalmente, los objetos físicos se forman a partir de los sólidos geométricos. De acuerdo con la información con que contamos el número diez era muy importante para los pitagóricos porque expresaba la configuración de la naturaleza. Los números se representaban por un punto y el diez, número perfecto para los pitagóricos, se organizaba de la siguiente manera, configurando lo que se conoce como *te-tractys*:



Según Guthrie “las cosas son números, o si se prefiere, la base de la naturaleza es numérica”. Los pitagóricos no hacían distinción entre los puntos y las unidades, de modo que el primer elemento era el punto y de la unión entre dos puntos se podía construir una línea, de la unión de tres puntos una superficie plana y finalmente un cuerpo sólido se formaría de la unión de varios puntos. Esta interpretación sobre la generación de las cosas a partir de los números ha llegado hasta nosotros gracias a Aristóteles.

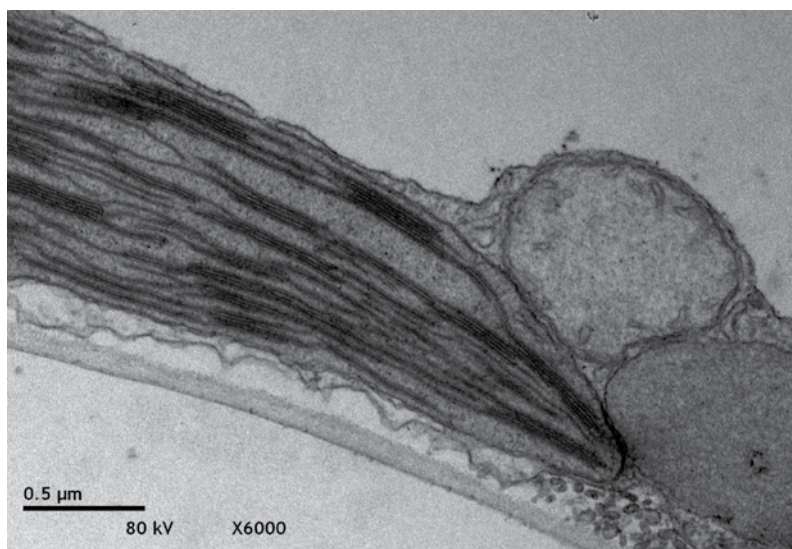
Otro análisis desarrollado a partir del estudio del número diez está relacionado con su concepción cosmológica. Nuevamente es Aristóteles quien da cuenta de esta visión:

Mientras que la mayoría dice que (la tierra) se halla en el centro..., los de Italia, los llamados pitagóricos, sostienen la opinión contraria, pues afirman que en el centro hay fuego, y que la tierra, que es una estrella más, origina la noche y el día por su movimiento circular alrededor del centro. Además, se imaginan otra tierra opuesta a esta, a la que dan el nombre de antitierra, con lo cual, en vez de buscar razones y causas a los fenómenos, tratan de atraer a los fenómenos a sus razones y opiniones, en un intento de que se adapten a ellas.⁷

Según esta explicación, que se puede atribuir a Filolao, los pitagóricos concibieron que en el centro se encontraba el fuego eterno y alrededor de él giraban los planetas, que eran esféricos: el Sol, la Luna, la Tierra, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Para que la cantidad de los planetas coincidiera con el número diez, incluyendo al fuego eterno, se dice que los pitagóricos concibieron la idea de que existía algo llamado *antitierra*.

La crítica de Aristóteles contra esta concepción pitagórica es feroz, pues les niega la actitud filosófica caracterizada por la búsqueda de la verdad. Según Aristóteles, los pitagóricos, lejos de buscar “razones y causas” para explicar los fenómenos, se movían en el terreno de la opinión y debido a que tenían un esquema preestablecido trataban de acomodar las cosas a sus razones. En otras palabras, la búsqueda de los pitagóricos no era universal, sino que estaba mediada por los intereses de la escuela misma.

Pese a ello recordemos que la finalidad de la *theoría* es conocer el *kósmos* en su perfección o armonía. Por ello, para los pitagóricos el número de cuerpos en órbita debe coincidir con la década,



pues ésta expresa la perfección de la naturaleza. Ahora bien, aunque los motivos para pensar en la existencia de la antitierra tengan un trasfondo religioso, los planteamientos científicos expresados en esta cosmología son muy importantes, pues el mismo Aristóteles da cuenta de que los pitagóricos fueron los primeros en sostener que la tierra no era el centro del universo, sino que se encontraba girando alrededor de otro centro: el fuego eterno.

Conclusión

En este breve recorrido por las teorías pitagóricas hemos podido dar cuenta de algunas de las características más importantes del pensamiento pitagórico. La religión y la ciencia están íntimamente vinculadas y, pese a ello, no deja de tener una gran importancia la reflexión pitagórica acerca del cuerpo y los sentidos, del lugar de la *theoría* y la reflexión sobre la constitución del mundo. Este mismo vínculo determina en buena medida la pregunta filosófica acerca del sentido de la existencia del hombre en el mundo: buscar la verdad mediante las matemáticas y las formas será uno de los fundamentos de nuestra ciencia.

Notas

1. Cita tomada de Geoffrey S. Kirk, John E. Raven y Malcolm Schofield, *Los filósofos presocráticos II*, Gredos, Madrid, 1987, 2ª edición, p. 37. Texto tomado de <http://es.scribd.com/doc/6884935/Kirk-Raven-Schofield-Los-filosofos-presocraticos1-Parte-II>
2. Ante la posibilidad de pedir un deseo a su padre, Etáides pide guardar memoria de las distintas transmigraciones de su alma. Véase: Diógenes Laercio, *Vidas de los filósofos ilustres*, Alianza Editorial, Madrid, 2007.
3. Para profundizar en este aspecto puede consultarse a William Keith Chambers Guthrie, *Historia de la filosofía griega*, Gredos, Madrid, 1981.
4. Platón, *Gorgias*, UNAM, México, 2008, 2ª edición, 523a ss.
5. Diógenes Laercio, *op. cit.*, p. 420.
6. Según Aristóteles la tabla de los contrarios es la siguiente:

Límite	Ilimitado
par	impar
uno	múltiple
derecho	izquierdo
macho	hembra
estático	en movimiento
recto	curvo
luz	oscuridad
bueno	malo
cuadrado	rectángulo

Aristóteles, *Metafísica*, Alianza Editorial, Madrid, 2008, 986a.

7. *De Tales a Demócrito: Fragmentos presocráticos*, traducción de Alberto Bernabé, Alianza Editorial, Madrid, 1988, p. 86.

Las imágenes para este artículo fueron proporcionadas por la Unidad de Microscopía del Instituto de Fisiología Celular, UNAM. Utilizando un microscopio electrónico de transmisión Jeol 1200 EXII.

Págs. 67,69 y 72, Dra. Marina Gavilanes, Dr. Rodolfo Paredes, *arabidopsis*.

¿Por qué y para qué aprenden ciencias los alumnos del CCH?¹

RAÚL GARCÍA ACOSTA

El proyecto educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades, sustentado en el postulado de “Aprender a aprender” y en un enfoque educativo centrado en el aprendizaje, tiene como propósito lograr en el alumno una formación crítica, científica y humanística, mediante la adquisición de conocimientos y el incremento de habilidades y actitudes, para fomentar una visión humanista de las ciencias y la naturaleza y una visión científica de los problemas del hombre y la sociedad.

En lo referente a la formación científica, conforme al perfil de egreso y los propósitos de los programas de estudios del Área de Ciencias Experimentales, sus fines educativos consisten en lograr que el alumno se apropie de una cultura científica y tecnológica y en fomentar el desarrollo de su disposición para el estudio de carreras comprendidas en estos campos.²

Hablar de la formación científica de los alumnos hace necesario plantear preguntas como éstas: ¿por qué deben aprender ciencias?, y ¿cuáles aprendizajes son necesarios para que comprendan los fenómenos naturales, económicos y sociales de su entorno? Es precisamente el bachillerato, como espacio y lugar de formación de los estudiantes, el punto de partida para que orienten y definan sus vocaciones, porque el bachillerato ha sido y es fundamental para incidir en la formación inicial de los futuros investigadores, profesores y difusores de la cultura que el país requiere.

En este sentido, el presente trabajo tiene como propósito fundamentar la importancia del porqué y el para qué aprender ciencias, para lo cual se contrastan los aprendizajes con que contribuye el Área de Ciencias Experimentales³ al logro del perfil de



egreso del alumno, con los conocimientos, habilidades, actitudes y valores que pone en juego un investigador en el desempeño de su trabajo, considerando para el caso la labor académica realizada por el doctor Carlos Graef Fernández.⁴

Interesarse en la ciencia y valorar el desarrollo científico y tecnológico

Esto implica que una verdadera educación empiece por el interés del sujeto por desarrollar sus facultades y tener disposición a trabajar para lograrlo; la escuela, su entorno familiar y social son factores que inciden en incrementar tal interés.

Al respecto, el doctor Carlos Graef se interesó por la ciencia desde su niñez, desde que leyó el libro *Física sin aparatos del profesor*, que le regaló su madre y en el que aprendió diversos experimentos. Su empeño y dedicación a los estudios fue reconocido por sus profesores, de tal modo que a los 26 años obtuvo una beca para estudiar en el Instituto Tecnológico de Massachusetts y, mas tarde, en la Universidad de Harvard, donde se familiarizó con los problemas astronómicos. Su interés por las matemáticas y la física le permitió relacionarse con Alfonso Nápoles Gándara, Manuel Sandoval Vallarta, Alberto Barajas, George David Birkhoff y Albert Einstein, entre otros.

Comprender la naturaleza, sus cambios y los principios que los explican

El logro de esta competencia implica la adquisición y el desarrollo de una sólida formación científica, caracterizada por los conocimientos, las habilidades, las actitudes, los valores y la apropiación de la metodología científica.

Como investigador, el doctor Graef concentró su atención en fenómenos del campo de la física teórica. Para comprender la naturaleza de la emisión de partículas cargadas provenientes del Sol, estudió las órbitas de las partículas cargadas de electricidad; asimismo, llevó a cabo investigaciones sobre la relación entre el espacio-tiempo y la gravitación.

Adquirir una visión de la ciencia coherente con la cultura de nuestra época

Esto implica reconocer que, en nuestro presente, todo el acervo acumulado de conocimientos es



producto del desarrollo científico y cultural de las sociedades, y tales conocimientos forman parte de los contenidos de la enseñanza de las ciencias en el CCH.

La cultura de la época en la que el doctor Graef desarrolló su actividad académica se vio permeada por las aportaciones de las ciencias, la tecnología, el arte, la sociología y la filosofía del siglo XX.⁵ Perteneció a una generación que dio origen a una nueva actitud mental ante las ciencias y las humanidades, y a la que también pertenecieron, entre otros, Nabor Carrillo, Alberto Barajas, Octavio Paz y Leopoldo Zea.

Aplicar adecuadamente los conocimientos conceptuales y metodológicos

Desde el punto de vista epistemológico, para lograr que los alumnos comprendan la naturaleza de los fenómenos físicos, se hace necesario que lleven a cabo actividades en las cuales apliquen los conocimientos conceptuales y metodológicos para construir sus conocimientos.

El doctor Graef inició la carrera de ingeniero petrolero y la abandonó para dedicarse a las matemáticas. Entre sus contribuciones en este campo están el primer continuo lineal y homogéneo que se conoce y un nuevo camino en geometría diferencial que parte de propiedades globales; entre las aportaciones al desarrollo de la teoría de la gravitación planteada por Birkhoff, resolvió el problema de los dos cuerpos en dicha teoría,⁶ además de que explicó la curvatura de los rayos luminosos y abordó por primera vez un problema de ecuaciones diferenciales en tres dimensiones, que se relaciona con las llamadas bandas de Van Allen.

Desarrollar una ética de responsabilidad y compromiso con la naturaleza y el hombre mismo

El logro de este propósito educativo requiere desarrollar e incrementar en el estudiante actitudes y



valores desde una visión humanista de las ciencias y la naturaleza y una visión científica de los problemas del hombre y la sociedad.

En el caso del doctor Graef, estos aspectos se ponen de manifiesto en su interés por los problemas relacionados con el uso de los combustibles nucleares para la generación de energía nuclear, lo que lo llevó a participar en el sector como consejero del doctor Alfonso García Robles, cuando se redactó el Tratado de Tlatelolco para la proscripción de armas nucleares en América Latina,

en la formulación de la ley que dio origen a la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN) y en la primera Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, conocida como *ley nuclear*. En estas leyes prevalece su idea de una aplicación pacífica de la energía nuclear y de uso estratégico a cargo exclusivo del Estado.

Graef, junto con otros investigadores, apoyó la lucha de los trabajadores de las secciones nucleares del SUTERM para defender la soberanía energética de México.⁷ Ante el gobierno de la República expresó su rechazo a la privatización del uranio nuclear de México. Como resultado de la lucha de los trabajadores nucleares, de otros sectores sociales mexicanos y de los investigadores encabezados por el mismo doctor Graef se impidió la privatización del uranio y se aprobó la primera ley nuclear.

Lograr una mejor comunicación oral y escrita en temas relacionados con las ciencias naturales

Estas habilidades se fomentan en el Colegio al promover la redacción de informes de las actividades académicas llevadas a cabo por los alumnos, así como su presentación oral.

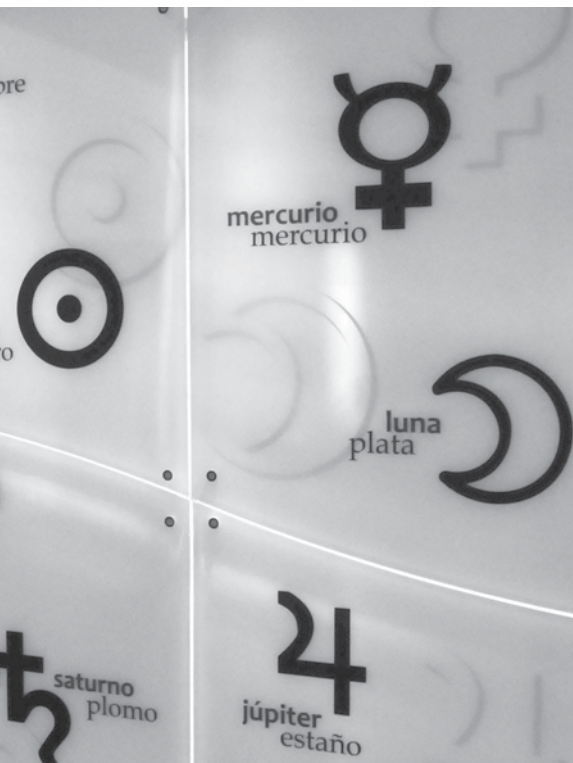
En su ejercicio profesional el doctor Graef publicó diversos libros y artículos,⁸ dictó conferencias, sostuvo correspondencia con instituciones en el extranjero y, en el congreso en que se inauguró el Observatorio Astrofísico de Tonantzintla, se encargó de la traducción del inglés al español de los trabajos científicos presentados por extranjeros, exponiendo una síntesis de los trabajos, comentarios y explicaciones sobre gráficas y diagramas.⁹

Por otra parte, igual que los alumnos del Colegio son distinguidos por su desempeño académico durante y al término de sus estudios, la carrera científica del doctor Graef fue ampliamente reconocida. Así, entre las distinciones de que fue objeto están el Premio Manuel Ávila Camacho del Instituto del Libro, la Medalla Francisco Zarco, la Medalla Académica de la Sociedad Mexicana de Física, el Premio Nabor Carrillo de Ciencia y Tecnología Nucleares, el Premio Universidad Nacional en Docencia, Profesor Emérito de la Facul-

Desarrollar habilidades académicas para lograr un pensamiento flexible, creativo y crítico

El objetivo de lograr una formación científica tiene su expresión en la emisión de juicios y puntos de vista sobre el conocimiento científico y su desarrollo en el contexto de los fenómenos naturales, económicos y sociales del entorno en que vive el estudiante con miras a su transformación.

Con respecto a lo anterior el doctor Carlos



tad de Ciencias de la UNAM e Hijo Predilecto de Guanaceví, Durango.

De lo expuesto anteriormente, en mi opinión la obra del doctor Graef permite poner de manifiesto la importancia de lograr que los alumnos del Colegio reciban una sólida formación científica, a la vez que es un ejemplo para nuestros estudiantes por su dedicación, esfuerzo y atención al desarrollo de la ciencia, de la industria nuclear en México, la docencia y la difusión de la cultura, con las que ha contribuido al desarrollo universal de la ciencia y al progreso del país.

Notas

1. Contribución de la Cátedra Especial doctor Carlos Graef Fernández.
2. Colegio de Ciencias y Humanidades, Orientación y Sentido de las Áreas: Área de Ciencias Experimentales: Biología, *Gaceta CCH*, 1996, UNAM, México, pp. 15-16.
3. "Contribuciones al perfil del egresado", pp. 22-23.
4. Este ilustre universitario nació el 25 de febrero de 1911 en Guanaceví, Durango, donde su padre trabajó un tiempo como ingeniero de minas, y falleció en la Ciudad de México el 13 de enero de 1988. Logró en su tiempo, con un carácter nacional y autónomo, interpretar y hacer suyos los principios doctrinarios de nuestra Universidad, en lo que respecta a los ideales que fundamentan sus funciones sustantivas de docencia, investigación y difusión de la cultura.
5. Entre éstas pueden mencionarse las realizadas en México por Antonio Caso, José Vasconcelos, Diego Rivera, Salvador Novo, Samuel Ramos, Alfonso Nápoles Gándara y Manuel Sandoval Vallarta.
6. Por estos y otros trabajos realizados, en 1970 fue reconocido con el Premio Nacional de Ciencias y Artes de México en Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales.
7. Mediante una iniciativa de ley se pretendía la división del INEN y la privatización del uranio mexicano; tal iniciativa de ley fue rechazada y en 1978, después de un intenso debate nacional, se aprobó la primera Ley Reglamentaria en Materia Nuclear que fue incorporada a la Constitución. Véase David Bahen, *La lucha por la ley nuclear*, Secciones Nucleares del SUTERM, México, 1979.
8. Entre éstos destacan: *Representación de un tensor por medio de seis vectores*, *Las fuerzas gravitacionales de Birkhoff en el espacio*, *El espacio matemático y el espacio físico*, y *La expan-*

sión del universo en la teoría de Birkhoff. Entre sus artículos podemos mencionar: "Órbitas periódicas de la radiación cósmica" (1944), "El movimiento de los dos cuerpos en la teoría de la gravitación de Birkhoff" (1944), "La expansión del Universo en la teoría de Birkhoff" (1945), y "Principios de conservación de la teoría de la gravitación de Birkhoff" (1948).

9. El doctor Harlow Shapley le reconoció públicamente lo anterior con el siguiente comentario: "Estamos asombrados ante la transformación de un trabajo cuando Graef lo vierte al español...", y el gran matemático George David Birkhoff preguntó al doctor Alberto Barajas cuando terminó el congreso: "¿No cree usted que Carlos fue una estrella del simposio?". Véase Alberto Barajas, "Semblanza del doctor Graef", en *Contactos*, volumen IV, núm 1, 1989, pp. 2-5. Fuente: www.matmor.unam.mx/~muciray/smm/60/carlos.html. Contacto, 4 (1), 1989.

Bibliografía

- COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES, *Plan de estudios actualizado*, Cuadernillo número 70, UNAM, México, 1995, 112 pp.
- _____, *Orientación y Sentido de las Áreas: Área de Ciencias Experimentales: Biología*, *Gaceta CCH*, UNAM, México, 1996, 23 pp.
- BAHEN, David, *La lucha por la ley nuclear*, Secciones Nucleares del SUTERM, México, 1979.
- BARAJAS, Alberto, "Semblanza del doctor Graef", *Contactos*, volumen IV, núm. 1, 1989, pp. 2-5.
- RAMOS-GÓMEZ, Francisco; Barajas, Alberto, Barrera B., y Alba, Fernando, "Homenaje póstumo al doctor Carlos Graef Fernández", *Ciencia y Desarrollo*, año XIV, núm. 80, Conacyt, México, 1988, pp. 154-155.
- POZO MUNICIO, Juan Ignacio, y Gómez Crespo, Miguel Ángel, "Enfoques para la enseñanza de la ciencia", en *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, 4ª ed., Ediciones Morata, S.L., Madrid, 2004, pp. 265-308.

Una mirada a la astronomía en la UNAM y el CCH

HILDA VILLEGAS GONZÁLEZ
Y CARMEN GUADALUPE PRADO RODRÍGUEZ

La ciencia astronómica estudia los objetos celestes que están más allá de la Tierra y el sistema solar; es decir, estudia el universo en su conjunto. A lo largo de historia, se ha valido de las aportaciones de otras ciencias.

En sus inicios, la astronomía se limitaba a hacer descripciones precisas de las posiciones y el movimiento de los objetos del cielo nocturno, y sólo hasta los siglos XVII al XVIII fue que Isaac Newton incorporó en esta disciplina el rigor de las matemáticas y de la física (la gravitación).

Con la llegada del siglo XX, la astronomía se nutrió del desarrollo de la mecánica cuántica y de la teoría de la relatividad, ello permitió comprender la naturaleza íntima de los objetos celestes, como su temperatura, composición química, evolución, etcétera.

Más adelante, se logró comprender las dimensiones del universo gracias a la determinación de las distancias entre nuestro planeta y otras galaxias, lo que ha permitido que esta ciencia se enriquezca de manera importante.

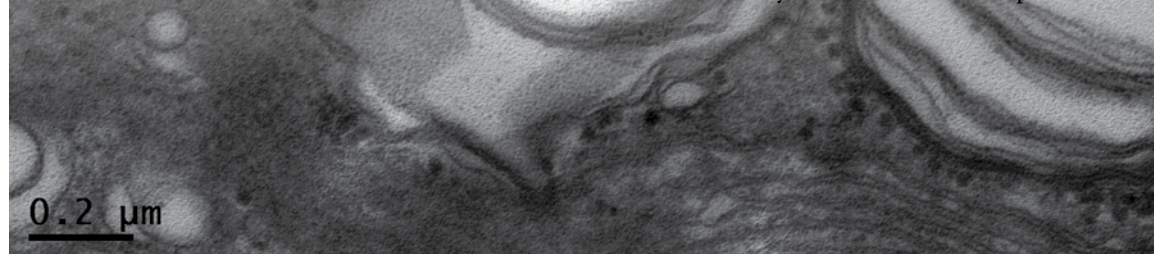
Así como se benefició de numerosos avances tecnológicos, también ha generado aportaciones de gran utilidad para la vida cotidiana; tal es el caso, por ejemplo, de las técnicas de tomografía computarizada (aplicadas en medicina) y del perfeccionamiento de los detectores optoelectrónicos digitales que se usan en las cámaras fotográficas y de vídeo modernas.

En México la investigación astronómica se ha desarrollado en varias instituciones del país. La más grande de ellas es el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Esta dependencia universitaria tiene bajo su responsabilidad al Observatorio Astronómico Nacional (OAN), el cual cuenta con dos estaciones de observación: una en San Pedro Mártir, en el estado de Baja California, y la otra en Tonanzintla, en el de Puebla. Cabe señalar que la sierra de San Pedro Mártir es uno de los dos sitios mejores en el hemisferio norte (el otro es Hawaii, Estados Unidos) para realizar observaciones astronómicas, debido a sus óptimas condiciones atmosféricas.

El origen del Instituto de Astronomía de la UNAM se remonta a 1867, cuando se fundó el OAN, que se inició como un pequeño observatorio en la azotea del Palacio Nacional, en el centro de la Ciudad de México. Más tarde, a causa del crecimiento de la ciudad fue trasladado al Castillo de Chapultepec (1878) y posteriormente al edificio conocido como el Observatorio de Tacubaya, que se inauguró en 1908.

En 1929 cuando se expide el decreto de autonomía de la UNAM, el OAN quedó incorporado a la Universidad Nacional Autónoma de México. En 1951 se funda la estación del OAN en Tonanzintla, Puebla, y en 1961 la UNAM puso en fun-



cionamiento un telescopio de un metro de diámetro en esta sede.

En 1989 se aprobó el programa de Posgrado en Ciencias (astronomía) en colaboración con la Facultad de Ciencias de la UNAM, y en 1996 se adecua al Nuevo Reglamento General de Posgrado de la UNAM, merced a lo cual el Instituto de Astronomía se convirtió formalmente en una entidad participante de dicho posgrado.

En 2003 se funda el Centro de Radioastronomía y Astrofísica de la UNAM en la ciudad de Morelia, Michoacán, que cuenta con 18 investigadores, la mayoría de ellos en las áreas de radioastronomía, formación estelar, medio estelar y turbulencia.

Otra entidad donde se estudia esta ciencia se localiza en el estado de Guanajuato, en el que se encuentra el Departamento de Astronomía (DA) de la universidad del mismo nombre. En 1998, junto con el Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato y el Centro de Investigación en Óptica, comenzaron dos programas de licenciatura con sede en la ciudad de León: Ingeniería Física y Física; de éstos el último está relacionado con la astrofísica.

También existe un espacio en Hermosillo, Sonora, donde en 1990 se formó el Área de Astronomía dentro del Departamento de Investigación en Física; sus investigaciones se centran en física solar, astrofísica y cosmología.

Se buscan jóvenes astrónomos

Por otra parte, con el objetivo de vincular a los estudiantes del bachillerato con el Subsistema de la Investigación Científica de la UNAM, la Secretaría de Servicios de Apoyo al Aprendizaje del Colegio de Ciencias y Humanidades ha desarrollado los proyectos “La astronomía como multidisciplinaria” y “La contaminación lumínica y preservación del cielo nocturno”, a cargo de Héctor Hernán-

dez Toledo, en los que además de ofrecer ciclos de conferencias y cursos, se realizan visitas al Observatorio Astronómico de Tonantzintla, Puebla.

El curso “La astronomía como multidisciplinaria” tiene como propósito promover entre los estudiantes y los docentes el interés por la astronomía; su enseñanza se impulsa buscando un alto nivel de excelencia e impacto, y ofreciendo temas y aprendizajes básicos y novedosos.

En los ciclos de conferencias “La astronomía como multidisciplinaria para la enseñanza en el bachillerato” se abordan los siguientes temas: contaminación lumínica y preservación del cielo nocturno, composición química del universo, inteligencia artificial e instrumentación astronómica y desarrollo tecnológico, así como la astrobiología, la arqueoastronomía, los inicios de la física en México y el cómputo y sus aplicaciones. Lo anterior se ha hecho con el fin de acercar tanto a la comunidad estudiantil como académica a los conocimientos en el área.

El Observatorio Astronómico de Tonantzintla, Puebla, dispuesto como recinto de atención al bachillerato, ha servido como espacio para acercar a los jóvenes al mundo del cosmos.

Asimismo, en concordancia con las políticas institucionales, la misma Secretaría de Servicios de Apoyo al Aprendizaje tiene entre sus objetivos prioritarios reforzar e impulsar la creación de clubes, en particular los que congreguen interesados en temas sobre astronomía.

De esta manera el Colegio de Ciencias y Humanidades abre diversas posibilidades para que los jóvenes se acerquen y adentren en el mundo de la astronomía y conozcan los conceptos básicos de esta importante y compleja ciencia.

La imagen para este artículo fue proporcionada por la Unidad de Microscopía del Instituto de Fisiología Celular, UNAM. Utilizando un microscopio electrónico de transmisión Jeol 1200 EXII.

Pág. 79, Dr. Francisco Fernández de Miguel, Dr. Rodolfo Paredes, *Acocil*.

La investigación científica permite al país ser independiente

Entrevista al astrónomo Manuel Peimbert Sierra

HILDA VILLEGAS GONZÁLEZ

Nos recibe en su cubículo en el Instituto de Astronomía, cálido y amable como el rostro de la niña morena de la fotografía que se encuentra sobre un pequeño escritorio, el resto de la estancia lo ocupan pilas de documentos y libros que parecen celosos de los visitantes, pues ocupan la mayor parte del espacio. De inmediato, busca una imagen de una nebulosa planetaria en su computadora, para ilustrar y acompañar nuestra entrevista. Es Manuel Peimbert Sierra, el científico, el profesor, el ser humano que ha dado respuesta a muchas de las interrogantes sobre la composición del universo, específicamente con su estudio del medio interestelar.

Con una larga lista de reconocimientos nacionales e internacionales, a la cual se sumó la reciente investidura de *Doctor Honoris Causa* por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el cierre de la conmemoración del centenario de esta institución, Peimbert fue presentado, en tal ocasión, como un investigador “con sólida formación académica, la cual está estrechamente ligada a su formación humana, que le proporcionó un sentido de pertenencia a

su país, y la convicción de que la educación es la manera de transformar verdadera y positivamente a la sociedad”.

La educación, el antídoto

Egresado de la Facultad de Ciencias de la UNAM, con estudios de maestría y doctorado en la Universidad de California, Berkeley, Peimbert ha subrayado la urgencia de atender a la juventud mexicana que ha resentido fuertemente los embates de la actual situación nacional, por ello la educación es, sin duda, imprescindible.

Nuestro país tiene una gran deficiencia en todos los aspectos creativos, declara, tenemos diez veces menos científicos, menos matemáticos, etcétera. Nuestro sistema educativo, que está en creci-



miento, no ha logrado el número de egresados que descubran todas sus potencialidades. Tenemos buenos científicos, artistas, ingenieros, pero pocos, lo que hace que nuestra sociedad tenga muchos problemas no resueltos. Cada alumno, cada joven, tiene la responsabilidad de terminar su educación, y nosotros los viejos tenemos la obligación de crear las condiciones para que en este país todo joven que quiera una educación universitaria la pueda tener. Hemos avanzado, pero las cifras son bajas en comparación con los países más desarrollados, como Finlandia o Corea del Sur, donde la educación preparatoria es universal. ¿Son más inteligentes que nosotros los finlandeses?, se pregunta, y responde: “No, tienen una estructura educativa mejor y la sociedad muestra un interés mayor por seguir estudiando. Hay que hacer el trabajo por todos lados, y los jóvenes que exijan, trabajen y empujen por medio del estudio.”

Integrante de la Academia de Ciencias de Estados Unidos, en la que es uno de los pocos latinoamericanos que participa, el investigador sostiene que la educación “es el antídoto de los dos problemas máximos que tiene nuestro país en estos momentos: la violencia y la mala distribución de la riqueza”.

Participante en las negociaciones al término de las huelgas estudiantiles de 1986 y 1999, Peimbert precisa que una manera de cambiar la distribución de la riqueza es la educación. Los jóvenes deben prepararse para tratar de insertarse en la sociedad y tratar de disminuir esta brecha. También hay razones de tipo vocacional, si a alguien le gusta ser pintor, que pinte, que se dedique con todas las ganas y si lo hace 40 horas a la semana, llegará muy lejos. Es un problema de preparación, de esfuerzo personal, de desarrollar el hábito del estudio. En otros países hay investigadores muy dedicados, y los que llegan

lejísimos son muy brillantes; hay otros que tienen una vida fructífera sin llegar a ser brillantes, pero son buenos maestros, hacen investigación y están contentos con su contribución a la sociedad.

El también miembro de la Unión Astronómica Internacional y de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo destaca que la investigación es un trabajo igualmente importante e interesante que ser ingeniero, arquitecto o contador. “No creo que los investigadores sean especiales en cuanto a la complejidad de su cerebro, son especiales porque han tenido la suerte de dedicarse a temas atractivos; hay otras personas a quienes lo atractivo puede ser actuar, eso también da gran felicidad y si se prepara bien podría vivir de eso, debería poder vivir de eso y todos deberíamos preocuparnos para que todo aquel que haga un esfuerzo por la sociedad pueda tener una vida digna.”

Los estudiantes, sostuvo, requieren 40 horas de estudio a la semana para ser personas preparadas en su ejercicio profesional y para que, con esto, ayuden a la sociedad. Si la semana tiene 168 horas, quedan 128 horas para todo lo demás. Muchos jóvenes tienen preocupaciones sociales y, ¿qué bueno!, ojalá las tuvieran muchos; y los que las tienen deben hacer un gran esfuerzo para organizarse, hay que preocuparse por lo que pasa en el país, pero parte del compromiso del joven son las 40 horas que debe dedicar a su educación.

Un ingrediente importante, subrayó el investigador emérito de la UNAM, es que los jóvenes adquieran el valor de la solidaridad, prepararse es una acción de solidaridad, porque va redituando en beneficio de la colectividad. Buscar la justicia social, la igualdad, tratar de que todos salgamos adelante y no sólo uno; verse en el otro, que puede ser de otro color, de otra raza, de otro pueblo, inmigrante, pero que tiene los mismos derechos que uno.

Tan sólo 17 años

Mientras más pronto comiencen los jóvenes a hacer investigación, mejor, expresó el también integrante de El Colegio Nacional. En el momento en que se decidan por algún tema y se den cuenta de que antes deben entender otros conocimientos, con gusto se acercarán a ellos y buscarán comprenderlos. Un ejemplo de ello es mi experiencia personal.

A la edad de 17 años fui a dar al observatorio de Tonantzintla con un amigo, y el director Guillermo Haro nos puso a buscar en unas placas unos objetos que se llaman nebulosas planetarias. Indagamos por meses y encontramos muchas que ya eran conocidas, pero también descubrimos 10 que nadie había visto ni estaban reportados o reconocidos. En ese entonces, un astrónomo checoslovaco que pasó por el observatorio vio estos objetos, los incluyó en un catálogo y los bautizó con nuestros nombres: *Nebulosas Peimbert-Batiz*. Yo estudiaba en la Facultad de Ciencias todavía sin vocación; me costaban mucho trabajo las matemáticas y la física, pero en ese momento dije: si estos objetos se llaman como yo, más vale que trate de averiguar qué son, cuál es su composición química, su pasado y su futuro... Es decir, ya tenía una motivación para estudiar las materias difíciles.

Un aspecto importante que los jóvenes deben considerar, añadió, es estudiar inglés. Este idioma se ha convertido en el latín de los científicos, estudiarlo permite una comunicación mayor, ya que mucho de lo que se conoce y en general todas las revistas científicas utilizan esta lengua. En el siglo XVI era el español, en el siglo XII era el latín y hoy el inglés. Esto no quiere decir que tomemos la ideología de quienes piensan en inglés. El conocimiento es necesario para transformar las sociedades y hay que tomarlo en el idioma en que se encuentre.

El universo, el mejor cuadro...

La observación del cielo se hace muchas veces a control remoto: se amplifican las cosas y éstas se ven en pantallas de televisión. Sin embargo, cuando me doctoré en la Universidad de California, en Berkeley, había un telescopio de tres metros con una cápsula donde uno se podía meter a trabajar. Hoy ya nadie se sube a los telescopios, todo se hace en un cuarto calentito donde uno ve todo en varias pantallas.

En aquella ocasión, utilicé el telescopio y vi una nebulosa gaseosa de muchos colores; era como una esmeralda con una gran cantidad de facetas. Estar ahí a las tres de la mañana con mucho frío fue muy impresionante, fue una imagen bellísima. Ver una nebulosa planetaria a ojo desnudo, como dicen los argentinos, es una sensación muy grata. Es como ver la pintura del artista que más te guste, verlo de golpe sin tener idea de que existía o una idea muy vaga es similar a ver un objeto con todo su brillo, facetas y coloraciones.

El papel del docente

Distinguido con el Premio Nacional de Ciencias y Artes en el área de Ciencias Físico-Matemáticas, Manuel Peimbert señala que el profesor tiene que esforzarse por dar buenas clases, no faltar y preocuparse de que los estudiantes adquieran un ritmo de trabajo y estén bien orientados.

Al recordar a sus maestros, mencionó a Guillermo Haro, quien le contagió la pasión por buscar objetos. "Ahí está el campo y hay unos tréboles de cuatro hojas, vayan a buscarlos y si los encuentran publicaremos una nota, nos dijo, y fuimos sin saber qué eran los tréboles de cuatro hojas." También evocó a Guillermo Torres, excelente profesor de matemáticas. Los estudiantes hacen preguntas desde muy malas hasta muy buenas; pero él, aunque la pregunta fuera mala, la convertía en una muy buena y la contestaba de tal

manera que todos entendíamos la respuesta, estábamos maravillados, era un genio, señaló.

Reconocido por la máxima casa de estudios con el Premio Universidad Nacional en Ciencias Exactas, Manuel Peimbert señaló que es labor del profesor tratar de entender la preocupación del estudiante, generalizarla y plantearla de una manera más elegante y más clara, y responderla con la mayor profundidad posible. En lo que respecta a la investigación lo que interesa decir a los estudiantes es qué es lo que falta. ¿Qué hay que estudiar para llegar a lo que no se sabe?

Trabajo en equipo

Hace 50 años, comentó, la mayoría de las investigaciones las realizaban una o dos personas, ahora son grupos de seis, ocho o diez. En el caso de la astronomía o la física puede haber incluso grupos de 50 o 100 personas que estén detrás de algún problema. En astronomía, abundó, un grupo de ocho investigadores suele estar dirigido por una persona más madura que sabe de un problema no resuelto; esta persona se asocia a un gran computólogo y a su vez al mejor observador con un radiotelescopio en Japón y luego se conecta con un inglés que es buenísimo escribiendo en la Universidad de Londres y otros dos que se encuentran en Chile. Así, se juntan ocho o diez y entre todos sale un artículo no sólo multigeneracional sino también multinacional, en el que cada quien aporta un aspecto que conoce. El trabajo en equipo para cierto tipo de investigación se ha vuelto más la regla que la excepción.

Compromiso y responsabilidad con la humanidad

El conocimiento, señaló el también profesor de la Facultad de Ciencias de la UNAM, busca cómo hacer para que el futuro de la humanidad sea lo

más placentero posible. Tenemos una obligación no sólo con quienes viven ahora, sino con los hijos, nietos, bisnietos, tanto nuestros como de los otros. Siempre queremos saber más, cómo funciona todo, adónde van los países, pero también cómo resolver grandes problemas. Por ejemplo, los recursos de la Tierra son finitos y esto quiere decir que no puede haber un crecimiento poblacional continuo porque el ser humano acabaría con todos los recursos del planeta. Entonces hay que estudiar cómo aumentar la calidad de vida de la humanidad aunque ésta consuma menos, tratar de pensar cómo hacer para que los recursos naturales permitan tener una vida de alta calidad y de respeto hacia todos los habitantes y al planeta, y al mismo tiempo, que ambos puedan durar muchas generaciones.

Está también la cuestión del calentamiento global, señaló. La astronomía nos indica que este problema no se debe al Sol, sino al aumento de la contaminación de la atmósfera que produce un efecto invernadero, y si no modificamos los patrones de consumo en 100 años, la temperatura de la Tierra aumentará, por lo que está en manos de la humanidad que se frene este problema.

Un último ejemplo, dijo, es pensar en habitar otro planeta; sin embargo, no hay energía suficiente para hacerlo, no podemos enviar a la humanidad a otro lado, ya que por ejemplo en la Luna se puede hacer una colonia como de 30 personas solamente, y en Marte otra con mil o dos mil seres humanos; pero ¿y los miles de millones de personas restantes? No, tampoco por ahí se va resolver. La astronomía nos dice que una emigración masiva de la civilización no es factible.

Y la astronomía, ¿para qué sirve?

Peimbert contó que un amigo que no estudiaba astronomía decía que el precio del kilo de tortilla

no tenía que ver con el conocimiento astronómico, y agregó: yo digo que sí. La astronomía es una ciencia básica que está relacionada con todas las demás ciencias básicas: con las matemáticas, la física, la química, la biología; si se desarrolla cualquiera de éstas sucede lo mismo con las otras, y esto es el primer eslabón de la cadena. El segundo eslabón es que las ciencias básicas están relacionadas con las ciencias aplicadas, y éstas se vinculan a la tecnología, y ésta última a la economía. Ésta, a su vez, se relaciona directamente con el bienestar de la población y finalmente con el precio del kilo de tortilla.

Pero si eso no basta con este ejemplo, añadió, hay que echar una mirada a la ciencia óptica en México, que nació de la astronomía. Hace 50 años, el Instituto de Astronomía tenía necesidad de instrumentos ópticos para observar el cielo y surgió así un pequeño grupo de especialistas; ahora existen en el país más de 25 grupos de óptica que se han desarrollado y cuyos maestros fueron alumnos de aquel grupo que se formó. La óptica tiene aspectos de ciencia básica, de ciencia aplicada y aplicaciones tecnológicas, y todo ello tiene que ver con la economía. La óptica tiene que ver con los microscopios, con los lentes para leer y con las grandes industrias ópticas. Un desarrollo astronómico ha derivado en más de 200 doctores en óptica en nuestro país, y así podemos hablar de la mecánica y la electrónica, etcétera, explicó.

El tiempo ha transcurrido rápidamente y el doctor Manuel Peimbert Sierra concluye haciendo hincapié en una idea que ha sido el motor de su

vida científica y personal, y a la que le ha apostado siempre: “Nosotros queremos tener un país independiente y para serlo debemos ser capaces de resolver todo tipo de problemas, y la investigación científica permite que se piense en esto. Si no queremos depender del exterior, tenemos que desarrollar el pensamiento en todos sus aspectos; esto no quiere decir que nosotros con este desarrollo vayamos a oprimir a otros países y que éstos dependan de nosotros, sino que debemos buscar la colaboración con base en la igualdad. Todo tiene que ver con todo, por lo que no se va dar un desarrollo espectacular en México si no existe una relación con todo lo demás que hay en nuestro país”.



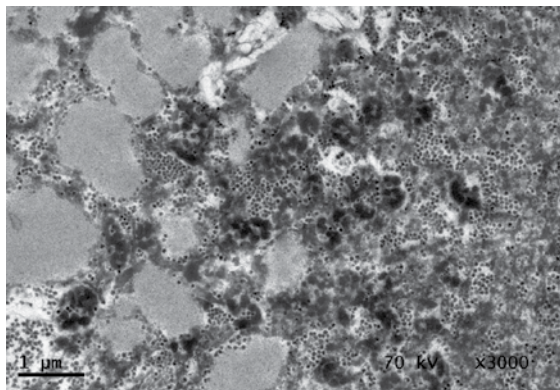
El misterio de las supernovas y las colisiones entre galaxias

O cómo la decadencia de una estrella puede originar vida

ELIZABETH VERDUZCO GARDUÑO

Existe un fenómeno celeste que, a pesar de que los astrónomos calculan que se presenta cada 25 años en una galaxia como la nuestra, curiosamente en el último siglo no ha sido posible observar de cerca ninguno desde nuestro planeta, es decir: la aparición de una supernova.

Si bien las supernovas se conocen desde tiempos muy remotos, aún falta mucho por averiguar sobre ellas. En la Antigüedad se hicieron observaciones de fenómenos que aparentemente se asemejaban a ellas, y que entonces se denominaron *stellae novae*, “estrella nueva”, o simplemente *novae*, y otras, las más llamativas y potentes como *supernovae*. Se creía que este tipo de destellos estelares —que en ocasiones podían incluso percibirse a simple vista en el cielo— tenían que ver con el nacimiento de una estrella; hoy sabemos que no es así, pues en el caso de las supernovas lo que sucede en realidad es que se hace visible la muerte de una estrella masiva gracias a la gran explosión que se genera.



Margarita Rosado Solís, investigadora del Instituto de Astronomía de la UNAM, es especialista, entre otros campos, en el estudio de la dinámica del medio interestelar en galaxias (el medio que rodea a las estrellas) y de la instrumentación

astronómica (elaboración de aparatos que faciliten la observación astronómica). Es una de las contadas científicas en México que se empeña, junto con otros investigadores y su equipo de colaboradores, en desentrañar misterios como los que encierran las supernovas.

“En las galaxias tienen lugar procesos que llaman la atención debido a que crean sucesos especialmente energéticos; por ejemplo, uno de esos sucesos ocurre cuando aparece una supernova, es decir, cuando una estrella explota y muere. Sin embargo, aquí no termina todo, pasan cosas muy interesantes con los restos que deja este estallido”, refiere la doctora.

Y es que, como lo explica la destacada astrónoma, “las explosiones de supernovas, aparte de dejar vestigios (remanentes) que más adelante pueden

originar nebulosas, permiten estudiar algunos de los sucesos más interesantes que se desarrollan en el universo, entre ellos, la anormal abundancia en la Tierra de elementos como el carbón, el oxígeno y el nitrógeno, elementos que han permitido la vida en nuestro planeta”.

Respecto a este tipo de acontecimientos, la científica señala que “en la actualidad lamentablemente no hemos tenido la oportunidad de observar de cerca una supernova ni los fenómenos respectivos que se desencadenan; sin embargo, existen rastros de que en el año 1054 D.C. explotó una supernova en nuestra galaxia, concretamente en la constelación de Tauro, que dio origen a lo que hoy conocemos como la Nebulosa del Cangrejo. Este hecho es trascendente porque tenemos noticias de que fue registrado por culturas tan diversas como la china, la japonesa y hasta por los navajos norteamericanos”.

Rosado Solís habla también sobre las observaciones hechas por Kepler y Tycho Brahe, destacados astrónomos de la Antigüedad que en el siglo XVI vieron también supernovas y registraron su actividad: “ellos se daban cuenta de que los cielos no siempre eran armoniosos, que ahí también sucedían cosas”. Y observa que “a pesar de que existen cálculos que indican que la muerte de una estrella masiva se presenta cada 25 años en una galaxia como la nuestra, es curioso que hoy, con todos los avances tecnológicos que existen, no se haya manifestado otra supernova cerca de nosotros; hoy en día, un acontecimiento como ése podría brindarnos muchísima información que ayudaría en nuestras investigaciones”.

Ahora bien, al estudiar a las supernovas, no sólo se busca entender cómo se originó la vida, sino también medir las emisiones de rayos X de este tipo de estrellas que manifiestan fenómenos muy energéticos: “nosotros, los astrónomos, al no poder trasladarnos fuera de nuestro planeta para

hacer experimentos directamente con los objetos siderales, trabajamos fundamentalmente con la luz que recibimos, es decir, nos dedicamos a observar las variantes del espectro electromagnético emitidas en el espacio. Este espectro electromagnético —agrega la investigadora— está compuesto por rayos gamma, rayos X, luz ultravioleta, rayos infrarrojos, ondas de radio y, por supuesto, el rango de lo que se da en llamar ‘de lo visible’, es decir, todo aquello que los seres humanos podemos observar a simple vista”. Así, los objetos fríos no emiten energía en el rango visible, sino en el de las ondas de radio; los calientes —con procesos de millones de grados Kelvin— lo hacen en rayos X; y los muy energéticos, en rayos gamma.

En los restos de una supernova pueden encontrarse rayos X, por lo que en ellas se indaga fundamentalmente cuánta energía se le inyecta a una galaxia. De ahí la necesidad de contar con satélites equipados con telescopios e instrumentos de observación que permitan el estudio adecuado de los objetos celestes “estos análisis nos permitirán detectar procesos muy energéticos, tales como las explosiones de supernovas o los choques inducidos en el medio intergaláctico en las colisiones entre galaxias”, concluyó la científica.

“Debemos entender que el estudio de las galaxias es un tema relativamente nuevo en astronomía, pues no fue sino hasta 1920 que se determinó que las galaxias eran formaciones autogravitantes compuestas por enormes cantidades de estrellas, gas y polvo, mientras que las nebulosas sólo contienen gas. Así, gracias a esta categorización fue posible diferenciar entre estos dos conceptos y saber que las estrellas no se encuentran aisladas sino que se agrupan en galaxias, siendo estas últimas algo así como los ‘ladrillos’, con los que está construido el universo”, afirmó Margarita Rosado.

Ahora bien, considerar a las galaxias como entidades aisladas es incorrecto: “al menos una vez en su

vida las galaxias entrarán en interacción con otras; lo anterior no implica necesariamente el choque de estrellas, sino más bien la interpenetración de galaxias, lo que da como resultado la deformación de su campo gravitatorio e, incluso, la creación de nuevas agrupaciones estelares”. De esta manera, podemos encontrar pares, grupos compactos (de tres a ocho galaxias) y grupos de galaxias (en los que pueden intervenir cientos de ellas), cúmulos y supercúmulos de galaxias (en los que pueden intervenir miles y millones, respectivamente).

Autora de numerosos artículos científicos de repercusión internacional, la doctora Margarita Rosado actualmente prepara un catálogo cinematográfico de pares de galaxias producido a partir de observaciones que ella y su grupo instrumentista han realizado con aparatos de desarrollo y diseño propios. Este catálogo es único en el mundo y servirá para estudiar la evolución secular de galaxias en interacción.

Astronomía en el bachillerato: otra manera de atraer a los jóvenes al estudio de las ciencias

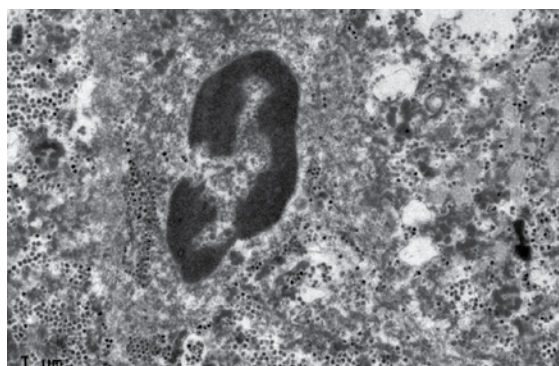
Parte importante de la responsabilidad del fomento de nuevos científicos se encuentra en los docentes: “yo diría que un pilar fundamental para que el alumno del CCH sepa que le gusta la astronomía consiste en la preparación de quienes se encuentran más cerca de los jóvenes: sus profesores. Un maestro debe saber transmitir en

qué consiste y por qué es relevante estudiar a los astros; si logra transmitir esto con verdadera pasión, podrá alentar las vocaciones que puedan estar escondidas en los chicos”.

Por otro lado, si de lo que se trata es, no necesariamente de descubrir en ellos una preferencia, sino de alentar su curiosidad, la doctora recomienda: “si un alumno del bachillerato siente ya atracción por este tipo de temas, puede acercarse a las diversas actividades que se organizan en torno la astronomía: hay ciclos de conferencias, veranos de la investigación científica organizados por la Academia Mexicana de Ciencias, clubes de astrónomos aficionados, talleres de óptica para fabricar telescopios y visitas al Instituto de Astronomía de la UNAM en las que sólo deben ponerse de acuerdo con el Departamento de Divulgación de esta instancia para coordinar su visita. Ahora bien, si lo que quieren es visitar un observatorio, lo que pueden hacer es organizar un grupo pequeño de personas para visitar el telescopio de Tonantzintla, en el estado de Puebla, durante el invierno”.

Si después de los primeros acercamientos los estudiantes siguen interesados en estos temas, pueden entonces estudiar física para después cursar la maestría y el doctorado en Astronomía ya sea en la UNAM o en el extranjero, “tal vez, conforme

vayan avanzando en sus estudios descubran que otra rama de la física les atrae más. Eso no importa porque, a fin de cuentas, la astronomía resulta ser una manera muy atractiva de atraer estudiantes al estudio de las ciencias”.



Las imágenes para este artículo fueron proporcionadas por la Unidad de Microscopía del Instituto de Fisiología Celular, UNAM. Utilizando un microscopio electrónico de transmisión Jeol 1200 EXII.

Págs. 86y 88, Dr. Rolando Hernández, Dr. Rodolfo Paredes, *Hígado cirrótico*.

Enseñanza de las Ciencias en Entornos de Experimentación y TIC

Ecós del Encuentro Internacional

PEDRO JOSUÉ LARA

Durante la segunda semana de septiembre de 2011 se celebró el Encuentro Internacional: Enseñanza de las Ciencias en Entornos de Experimentación y TIC, como un esfuerzo por parte de la UNAM para fortalecer el trabajo académico y la enseñanza de las ciencias en el nivel bachillerato.

En la inauguración el rector de la Universidad, el doctor José Narro, planteó varias interrogantes relacionadas con la enseñanza de las ciencias —cuyas respuestas están en proceso—, de las cuales dos resultan particularmente interesantes: ¿cuánto puede mejorarse la enseñanza de las ciencias?, y ¿cuánto de las tecnologías actualmente disponibles puede aprovecharse en nuestra práctica docente?

En los tres días que duró el acto, celebrado en el auditorio Alfonso Caso de la Unidad de Posgrado en la Torre de Ingeniería, profesores, especialistas e investigadores dieron cuenta de múltiples propuestas y trabajos hechos precisamente para dar a conocer experiencias que han tenido actualmente.

Al respecto, el doctor Juan Ignacio Pozo Municio, profesor de la Universidad Autónoma de Madrid, señaló en su conferencia que “nos encontramos no sólo en una sociedad de la información,

sino en una de conocimientos, en la que reconocemos las posibilidades de la ciencia y la tecnología, las traemos a nuestros laboratorios y las hacemos parte de nuestra vida cotidiana”.

En este encuentro internacional transitamos por un proceso de análisis y reflexión. Quienes participamos activamente en él y en la vida cotidiana del laboratorio conocemos la importancia de transformar la enseñanza de las ciencias en el contexto actual de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), para aprovechar los recursos que ofrecen y mejorar el trabajo en los laboratorios de ciencias.

Con la brillante participación de múltiples investigadores internacionales, expertos en la transformación de nuestros laboratorios y procesos de enseñanza, saber que el mismo desafío al que nos enfrentamos como docentes se presenta en varios lugares del mundo, nos ayuda y nos motiva. Las experiencias nos permiten vislumbrar nuevos horizontes y reconocer que el trabajo ya realizado va por buen camino. Agradecemos su contribución y esperamos en un futuro retribuirla con creces.

Son muchos los integrantes de este esfuerzo de transformación y mejora: la Rectoría de nuestra universidad, el Centro de Ciencias Aplicadas y

Desarrollo Tecnológico, mejor conocido como CCADET, la Escuela Nacional Preparatoria, la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, un gran conjunto de instituciones, pero más grande aún por las personas comprometidas con el proyecto. A todos y cada uno, un reconocimiento a su labor y una invitación a continuarla hasta lograr las metas establecidas.

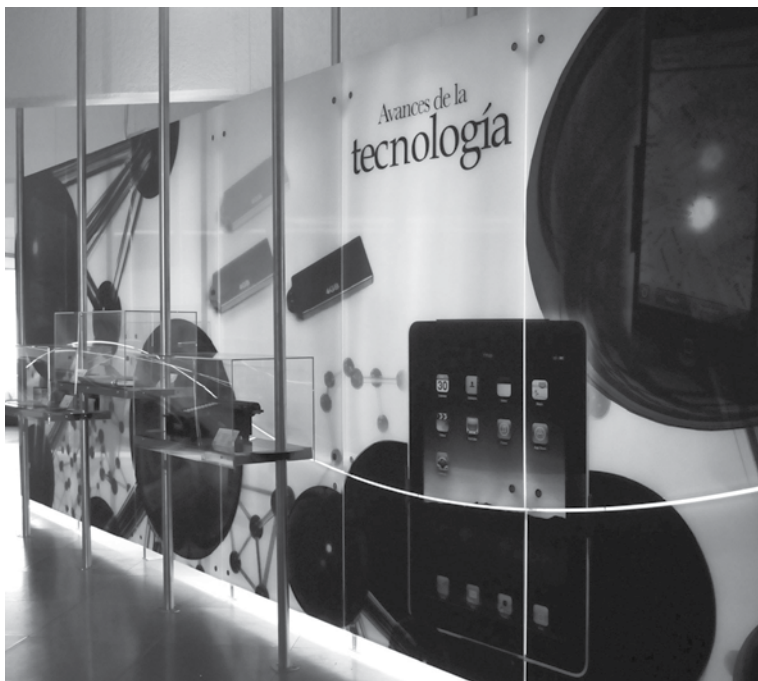
Desde hace tiempo se hablan maravillas de las TIC y los recursos tecnológicos, pero no son una panacea ni tampoco una fórmula mágica. Son en realidad herramientas poderosas que podemos aprovechar, combinándolas con nuestra experiencia y capacidades, no sólo para mejorar nuestra práctica docente, sino incluso mejor, para contribuir a la formación integral de los alumnos.

Estoy plenamente convencido de que esta transformación puede ser un camino para recuperar el interés de los estudiantes por la ciencia. La tecnología ya es parte de su vida diaria, usan las TIC de manera sencilla y natural. Como mencionó el maestro Alejandro Wong Loya en el discurso de apertura del encuentro, los chicos de hoy son ya una generación digital, por lo que en combinación con nuestra labor docente, las secuencias didácticas y las actividades experimentales diseñadas para ese propósito, lograremos nuestra misión.

Hemos visto, sentido y quizá hasta sufrido el avance de la ciencia y la tecnología. Hoy estamos en condiciones de *retomar la estafeta* y trascender la enseñanza de las ciencias, actualizándonos en las diversas áreas que nos exige este mundo moderno y cambiante. Muchos de nosotros hemos sido testigos

del cambio. En los nuevos laboratorios de ciencias, los estudiantes empiezan a vislumbrar posibilidades, nos dejan ver su capacidad para usar las herramientas y en muchos casos nos sorprenden con el manejo tan natural que tienen de las TIC y la facilidad para aplicarlas en sus tareas cotidianas en el laboratorio.

Sólo el futuro responderá a las preguntas iniciales; sin embargo, hoy por hoy ese futuro está en nuestras manos, y encuentros como éste son una gran oportunidad de desarrollo tanto personal como profesional. Es encomiable el esfuerzo que realiza la Máxima Casa de Estudios, nuestra querida universidad, por regenerar las condiciones de la enseñanza y en particular en los laboratorios de ciencias, para que logremos mejores resultados. El fortalecimiento del bachillerato universitario constituye un reto formidable al que respondemos, como siempre, con dedicación, conocimientos, capacidad, entusiasmo y sobre todo, con amor a la docencia.



Páginas sueltas

Entrevista con Carmen Christlieb Ibarrola

ETHEL SÁNCHEZ RAMÍREZ

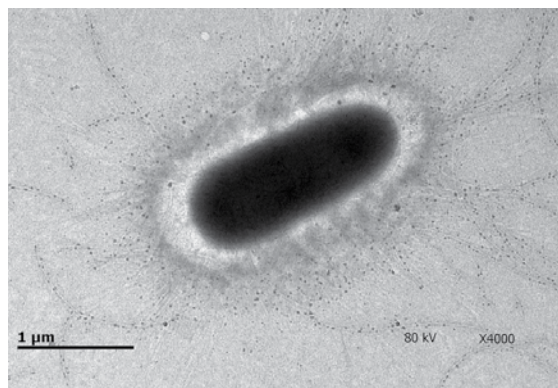
La calidad humana y la obra académica de la maestra Carmen Christlieb Ibarrola se han reunido en el mejor comentario de quienes la estimamos de verdad, amigos en el trabajo y en otros ámbitos de su vida personal. De esta suerte, en distintas ocasiones pude verla participar en su área académica en el Plantel Sur del Colegio de Ciencias y Humanidades, y en otro momento, al trabajar con ella y con la doctora Blanca Susana Cruz Ulloa.

En su amena charla Carmen acota, sin eufemismos, una serie de valores que le dan sentido a su vida. Así, en su casa de Coyoacán, en compañía de su esposo, el arquitecto Raúl Fernández, da inicio nuestra entrevista.

A la distancia de los años, ¿cuál es la experiencia más grata que te llevas de tu trabajo en el aula?

El trato con mis alumnos, la comunicación con ellos, que me hayan permitido conocerlos y conocer características de su juventud, pues eso para mí es muy importante. Quizá esto se deba a los profesores que tuve, sobre todo en bachillerato, pues eran excelentes maestros y me comunicaron ese gusto por la docencia, uno de cuyos aspectos principales es el sentido de la responsabilidad. El maestro que es responsable se ocupa de sus alumnos en el aula y fuera de ella. Junto a estos valores, por supuesto, también pondría la honestidad.

En 1972, cuando ingresé al Plantel Vallejo del CCH, atendía sólo un grupo. Le decía a mi



familia: ni modo, me pusieron un grupo a las tres de la tarde: o comemos más temprano o como yo después, pero me iba hasta Vallejo; fue un año nada más. En cuanto se abrió el Plantel Sur, solicité mi cambio y me admitieron. Me dieron cuatro grupos para empezar, pero ya después se convirtió en uno, cuando tenía alguna comisión.

El plantel es muy bonito, tiene características que no se repiten en ninguna otra escuela. Su topografía es un poco agresiva para los que ya tenemos muchos años, pero por lo demás es muy agradable. Antes di clases en el Colegio de las Vizcaínas, en el Colegio del Sagrado Corazón y en el Colegio Motolinía. Si bien no es muy indicado hacer comparaciones, cuando hago un balance de escuelas particulares y el Colegio de Ciencias y Humanidades, me quedo con el Colegio, porque ahí encontré alumnos mucho más receptivos, más interesados en aprender en general, aunque no puedes decir que todos son iguales. Pero sí, a

grandes rasgos encontré más interés en aprender, más respuesta y disposición en chicos del CCH que en los planteles particulares donde di clases.

¿Fue fácil adaptarte al sistema educativo del Colegio?, ¿cuál fue el mayor obstáculo que enfrentaste al llegar a nuestra institución?

Tuve la suerte, o el privilegio, de tomar un curso que la misma UNAM dio para preparar a los profesores del CCH. En aquella época daba clases en el Colegio Loyola del Pedregal, pusieron el sistema CCH y yo no tenía la más pálida idea de lo que era. Entonces me enteré del curso que daba la UNAM, lo tomé y realmente me aclaró mucho en qué consistía, cuál era el papel y las características que debía tener el maestro, y luego empecé a tratar de vivir ese modelo de profesor que tiene el Colegio de Ciencias y Humanidades. El doctor Pablo González Casanova fue inspirador de grandes principios, me parece que sí tenía muy claro qué quería y cuál era el tipo de formación que debían tener los alumnos.

¿Cómo rompiste la barrera generacional con los alumnos?

En mi caso no era barrera generacional, era barranca, porque eran muchísimos los años que les llevaba de diferencia. Entré al Colegio en 1972, tendría entonces como... 50 años. Empecé a dar clases en tercer semestre; no eran muy chicos, ahora veo muchachos más jovencitos. De esto hace

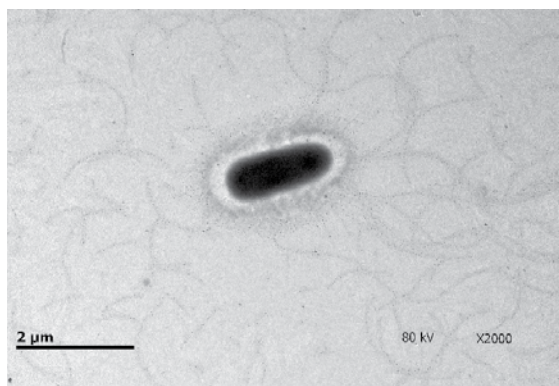
ya 39 años. En broma o en serio me han preguntado si ellos no me faltan al respeto. Y yo les digo que en la forma que tú los tratas, ellos responden; si tú los tratas con respeto y les das su lugar, ellos siempre te van a dar tu lugar y te tratarán con respeto. No tengo por qué sentir falta de respeto por parte de ninguno de ellos.

La docencia es una tarea primordial, de gran responsabilidad, porque tienes en tus manos la posibilidad de influir en aspectos que quizá sean fundamentales o trascendentes para la vida del muchacho. Entonces, sí es una gran preocupación el ser verdaderamente un testimonio o un ejemplo de aquellas virtudes o valores que quieres que ellos tengan; tú tienes que vivirlos primero.

¿Podrías hacer un breve balance sobre los avances del Colegio desde tu ingreso hasta la fecha?

Algo muy especial es la instrucción o la incorporación de los aspectos técnicos en la docencia. Es algo a lo que se ha dado mucha importancia en los últimos años y que para mí implicó un gran esfuerzo, pues no me fue fácil incorporarme, entender o aplicar esos principios. A mí la tecnología moderna no me alcanzó: me atropelló; fue una evolución en general positiva, aunque no le concedo demasiada importancia a la aplicación de la técnica, porque no radica en ella la excelencia de un profesor. En la relación alumno-profesor, el objetivo principal de la enseñanza en el aula es interesar al alumno en lo que tiene que aprender, que le encuentre gusto y utilidad.

Desde su nacimiento, el CCH ya era una alternativa para México. Era otro tipo de formación con una metodología diferente, nuevos principios, formas distintas de ejercer la docencia. Se puede decir que desde 1971 se marcó una nueva ruta. Aún ahora creo que se puede decir que su método, su sistema, es excelente. Depende mucho del profesor, es decir, el profesor realmente vive



lo que son los valores del Colegio, los principios, las características que debe tener como profesor, y eso tiene una ventaja muy grande sobre otros sistemas. Depende del profesor el que todos los principios del Colegio se apliquen y den el resultado esperado.

De acuerdo con tu experiencia, ¿qué le sugerirías a las nuevas generaciones de maestros?

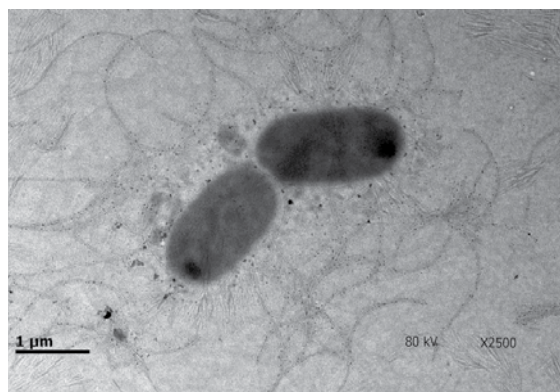
Que tuvieran presente que nunca termina la formación del maestro. Independientemente de la carrera que hayan hecho, o incluso que hayan tenido preparación pedagógica, no es suficiente. Es algo que no tiene límites. En la formación de un maestro siempre hay algo más que aprender, algo que incorporar a la docencia, algo que cambiar. Si has tenido errores, debes observarte y hacer una reflexión de tu práctica docente para seguir avanzando.

¿Algún pedagogo ejerció influencia en tu quehacer docente?

Sí, Paulo Freire, y tratándose de biología tengo muy claro a Paul de Kruif, el autor de *Los cazadores de microbios*. Ese libro lo leí antes de casarme, lo he vuelto a leer y sigo encontrando una exposición maravillosa de lo que es un científico con principios, valores y vocación para el trabajo de investigación. En mis últimos años también se ha convertido en un libro fundamental *Es fácil ganar el cielo*, que contiene reflexiones de vida cristiana que escribió mi hermano fray Javier Christlieb Ibarrola.

Rompiste con el papel asignado a la mujer de tu generación. Por eso te pregunto: ¿cuál debe ser el papel de la mujer en el siglo XXI?

En realidad el papel de la mujer es constante, independientemente de la época en que se viva. Implica estar atenta a los acontecimientos, a ti misma y a tu propia evolución, y tratar de dar respuesta a las necesidades que surjan durante esa época. Se necesita un ejercicio continuo de re-



flexión, de irte conociendo cada vez más, que eso nunca termina. Estar atenta a ti misma y al ambiente que te rodea, a las necesidades de los demás. Ver de qué manera puedes poner al servicio de los otros las cualidades que tienes.

De tu experiencia como campeona de tenis, ¿llevastе al aula algún aprendizaje?

El tenis te da formación de carácter, te enseña a no darte por vencida nunca, y eso lo puedes llevar al aula cuando tienes problemas. Dices: voy a buscar el modo de superarlo, y empiezas a trabajar en eso, no te rindes. Muchas veces los alumnos presentan ciertos conflictos y hay que tenerles una paciencia inagotable, y aunque no siempre se tiene éxito, al final te dicen que les sirvió tu ayuda, y eso lo aprendí del tenis.

¿Qué aprendiste cuando estuviste al frente de la Secretaría de Planeación?

A hacer planeación (entre risas). Cuando me invitó el doctor Pérez Correa a fundar la Secretaría de Planeación, le dije honestamente: no sé nada de planeación. Y en sus palabras me dijo: no la vamos a dejar que se rasque con sus uñas, la ayudaremos a prepararse. Entonces empecé a tomar cursos de planeación para aprender lo que era. Teníamos un departamento de alumnos, uno de maestros y uno de investigación. Tuve —diría yo— la fortuna de trabajar con un equipo muy responsable, dedicado y cooperador, y así todas las cosas son fáciles. La

Secretaría de Planeación fue determinante, significó conocer más al Colegio, interesarme y darle lo que necesitaba.

También recuerdo mucho las academias, las juntas de profesores que se hacían los sábados para ver cómo daba cada quien su clase; aunque en una de esas academias tocó que me expulsaran porque había aceptado el cargo de secretaria de Planeación. Entonces, cuando se hablaba de las autoridades se decía las *nefastas autoridades*, y yo me había pasado del lado de esas autoridades al haber aceptado el cargo, y pusieron a votación si me expulsaban, aunque no acabaron en una asamblea y hasta la segunda lo decidieron. Pero no me sentí distante de ellos, me seguí llevando bien con todos, y muy tranquilamente.

¿Qué recuerdas de los maestros con los que conviviste durante tu largo trayecto académico?

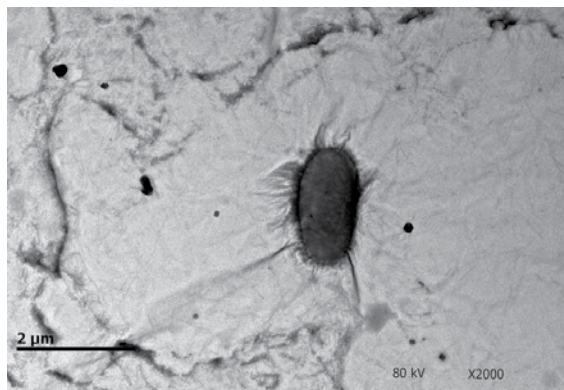
Fueron inmejorables. Te voy a poner un ejemplo: Blanca Susana Cruz Ulloa ha sido para mí un ejemplo de trabajo, responsabilidad, generosidad y docencia; ha sido también una amiga

entrañable, da gusto ver la vocación que tiene para trabajar con sus alumnos. Son ejemplos y testimonios que te van enriqueciendo. Siempre que acudí con un maestro para que me ayudara con equis cuestión, encontré una respuesta amable, una buena relación con los compañeros.

El Colegio fue para mí un verdadero tesoro, por la forma como contribuyó a mi formación, a mi deseo de seguir aprendiendo, a la evolución, a ciertos cambios en mi persona y personalidad que no se habrían dado si no hubiera estado ahí. Es un lugar donde encontré afecto y al que le tengo mucho afecto, y fue una oportunidad única el haber estado ahí, pues enriqueció mi docencia en muchos aspectos: por el aprendizaje de la propia materia que das, ya que nunca acabas de aprender; por la relación con otros maestros, que poseen una calidad humana invaluable, y por el contacto con el mundo de los jóvenes, su ambiente, sus obstáculos. Es un crecimiento intelectual, afectivo y espiritual sin límites.

Quisiera insistir en que la preocupación que siempre ha mantenido el Colegio por la formación de sus profesores, en distintas etapas y formas, es algo verdaderamente muy peculiar, extraordinario.

Carmen, ha sido un verdadero placer platicar contigo. No sólo son emotivas tus palabras, sino que al mismo tiempo considero que vale la pena tomar en cuenta tus experiencias para hacer una reflexión: los verdaderos maestros que están en el oficio, para quienes la educación es un apostolado, pueden considerarse como un ejemplo para las futuras generaciones.



Las imágenes para este artículo fueron proporcionadas por la Unidad de Microscopía del Instituto de Fisiología Celular, UNAM. Utilizando un microscopio electrónico de transmisión Jeol 1200 EXII.

Págs. 91,92,93 y 94, Dra. Bertha González, Dr. Rodolfo Paredes, *Bacteriella completa*.

Un laboratorio innovador

Ciencia y tecnología de la mano de profesores del Plantel Oriente

HILDA VILLEGAS GONZÁLEZ

*Andrea. —¿Por qué se empeña en que yo comprenda?
Es muy difícil y yo en octubre apenas cumpliré once años.*

*Galileo. —Por eso mismo quiero que lo comprendas.
Para ello trabajo y compro los libros en vez
de pagar al lechero*

Bertolt Brecht, *Galileo Galilei*

Puntuales y entusiastas son los alumnos que participan en la Estancia 14 del Laboratorio Asistido por Computadora (LAC) del Plantel Oriente. Son de varios semestres y acuden al terminar sus clases o incluso antes; han escogido esta actividad extracurricular porque les gusta la física y el ambiente de trabajo, pero sobre todo los retos, que son la esencia de este espacio; proponerse siempre otras metas y alcanzarlas.

A simple vista, parecería que no hay mucho que hacer: toman su sitio, frente a cada computadora, dialogan y pasados algunos momentos, como resistiéndose, se acercan al profesor, quien les hace las preguntas pertinentes para que sea el mismo alumno quien llegue a la solución del problema. No es un laboratorio común, aquí confluyen

la camaradería y el gusto por la labor científica como en aquella escena de la obra de Bertolt Brecht, *Galileo Galilei*, cuando el científico inquieta con preguntas al pequeño aprendiz.

Desde la utilización de recursos tecnológicos como sensores-interfaces-computadora; videofilación a alta velocidad, modelado con *software* y aprendizaje mediante la solución de retos, el Grupo LAC se ha caracterizado por la innovación en la enseñanza de la física en el CCH. Sin duda, un breve espacio donde se hace ciencia.

Una vez, una computadora

Desde 1991 un grupo de profesores tuvo la idea de incorporar la computadora en los laboratorios de



física, a fin de simplificar el trabajo de los alumnos y hacer más rápidos algunos procesos. “En una segunda etapa, basados en nuestra experiencia adquirida en cursos para docentes, conocimos una nueva aplicación de las computadoras como instrumento de medición de una gran variedad de magnitudes, que se apoyaría en interfaces y sensores, ofreciendo además un software que permitía cuantificarlas a intervalos de tiempo que podían establecerse de acuerdo con las necesidades particulares de la investigación que se realizaba.” Poco después, tuvimos la oportunidad de participar en el Programa de Apoyo a la Actualización y Superación del Personal Docente del Bachillerato (Paas) y con lo aprendido se dio más forma al laboratorio. En un principio nos preguntaban: ¿para qué incorporar computadoras, si existen los laboratorios de cómputo? Se trabajó mucho para que se entendiera que la computadora debe estar en el laboratorio, refirió Javier Ramos Salamanca, profesor fundador del grupo LAC con 40 años en el CCH. Sin embargo, fue en 1998 cuando se planearon y desarrollaron investigaciones, fundamentalmente experimentales y se formaliza un espacio de trabajo que amplió los conocimientos de la física.

Este trabajo se vio fortalecido a partir de los programas de apoyo a profesores, que la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM tiene en el Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME). Nosotros participamos con el proyecto Innovación de los laboratorios de física en el CCH con el empleo de sensores, interfaces y la computadora; y en el Programa de Apoyo para la Enseñanza de las Ciencias Experimentales (PAECE): Automatización del Laboratorio de Creatividad de Física.

Participamos, además, en el programa Iniciativa para Fortalecer la Carrera Académica en el

Bachillerato de la UNAM (Infocab) con los proyectos: Elaboración y Aplicación de Estrategias didácticas empleando los Métodos de videograbación, Realización de Experimentos en tiempo real con Sensores y la Computadora, y Modelado matemático con el *software Modellus*, en el LAC Siladin CCH Oriente; Elaboración de videograbaciones a alta velocidad y de Estrategias didácticas para el Análisis y Modelado matemático de Fenómenos mecánicos que apoyen el Desarrollo de los cursos curriculares de Física I, II y III, y más tarde con Estrategias didácticas para física con el empleo de sensores, interfaces, videograbación a alta velocidad y *software* de modelado y simulación, para los Laboratorios de Ciencias del CCH.

Somos afortunados porque se creyó en nuestro trabajo y compromiso. Todo lo que está aquí (en el laboratorio) es producto de la inversión que hace la Universidad y la confianza que tiene en nosotros, expresó Virginia Astudillo Reyes, profesora fundadora del Grupo LAC con 39 años de trabajo en el Colegio. Gracias a lo anterior, señaló, poco a poco se equiparon los laboratorios curriculares de física y el LAC-Siladin con la infraestructura que nos ha proporcionado la oportunidad única en el Bachillerato de la UNAM, de desarrollar nuestro trabajo con alumnos y profesores empleando recursos tecnológicos modernos, así como la publicación de materiales de apoyo y cursos a profesores sobre el empleo de estos recursos. Inicialmente, explicó, éramos dos profesores y, conforme se han desarrollado los trabajos, se han incorporado más, actualmente participan 12, ocho de asignatura y cuatro de carrera. El Grupo LAC en este año lo coordinamos Humberto Gutiérrez Valencia y yo.

A la velocidad de un experimento

De esta manera, las líneas de trabajo del Grupo LAC, expresó Astudillo Reyes, se concentraron en

el empleo de sensores, interfaces y computadoras en la realización de experimentos. Más tarde, se recurrió a la videograbación a velocidad estándar y a alta velocidad; al modelado de eventos estudiados en investigaciones escolares empleando el *software Modellus* y el *Logger Pro 3.6*, y a la recreación de simulaciones que contrastan con el evento real para verificar la validez o no de sus resultados. Para ese propósito se ha equipado el laboratorio de sensores Vernier, interfaces *ULI* y *LabQuest*, cámaras de videofilmación: a velocidad estándar, a alta velocidad B/N (240fps) y a alta velocidad *Exilim-Casio* a color (1000 fps); así como equipo para Mecánica y para Ondas.

En física, explicó, hay un sinnúmero de eventos cuya rapidez hace imposible su detección y captura de la información necesaria para su análisis; en estos casos, antes recurriamos a la imaginación del alumno para elaborar un modelo que le proporcionara el sustento teórico, con lo que pasábamos por alto un principio básico del conocimiento científico: la formulación de hipótesis y su comprobación; así, el aprendizaje terminaba sustentado en la memorización y la dogmatización. Ahora, en estos casos, la videograbación a alta velocidad puede ser un valioso recurso didáctico con el que el profesor puede hacer más objetivos los fenómenos a estudiar. Indicó que la videograbación de un fenómeno permite su reproducción tantas

veces como sea necesario con el fin de obtener información y ser un medio valioso para hacer análisis mediante el uso de *software* especializado.

Modelado

Otro aspecto que nos ha interesado es la capacidad de nuestros alumnos para proponer modelos que les permitan comprender y explicar los sucesos que ocurren cuando investigan, además de proponer hipótesis de trabajo fundamentadas cuya validez puedan poner a prueba e inclusive determinen cuáles son sus limitaciones y si hay necesidad o no de reformularlas, señaló la profesora. Una de las herramientas que nos ha apoyado en esta tarea, explicó, es el *software Logger Pro* del equipo de sensores e interfaces *Vernier*, que ofrece al alumno la posibilidad de encontrar el mejor modelo que se ajuste a los valores experimentales. En el trabajo de modelado nos apoyamos en el *software Modellus* que le facilita la tarea de determinar el mejor modelo matemático que se ajuste a los resultados experimentales y puede generar simulaciones que contrastan con la realidad.

¡Hacer ciencia!

La experimentación se ha venido haciendo en forma muy mecánica, observó el profesor Ramón Pé-



rez Vega, porque al estudiante le das un protocolo donde algunos docentes les indican qué hacer, les plantean el objetivo, una especie de receta y los alumnos la siguen al pie de la letra, lo que es poco trabajo intelectual. Aquí la idea es diferente; es decir, partimos de una situación problemática que los profesores ya hemos trabajado, la cual puede como resultado aprendizajes dentro del programa.

Es un proceso de cómo hacer ciencia, señala. Un científico no tiene una receta, ni le dicen qué va a hacer, incluso es mucho de inspiración. Llegar a estos escenarios es básicamente lo que consideramos una metodología de retos, en la que se les da la posibilidad de que sean ellos quienes construyan los protocolos y el modo de cómo llegar a soluciones, incluso muy buenas y creativas, que al docente no se le hubiera ocurrido. La idea es que el bachiller no se quede en que la ciencia ya está hecha y que solamente tiene que comprobar leyes ya existentes. Es mucho más enriquecedor que ellos las descubran; los estudiantes se vuelven más creativos, y ven la ciencia de una manera distinta.

Estancia 14

“Hemos logrado motivar a estudiantes en el estudio de la ciencia, particularmente de la física, como muestra la respuesta a nuestra convocatoria para participar en las Estancias LAC, que se ha mantenido atendiendo un promedio de seis grupos de 25 alumnos cada semestre durante los últimos 13 años y actualmente iniciamos la primera etapa de la 14ª Estancia LAC. Hemos atendido a una población aproximada de más de 4000 estudiantes en esta actividad extracurricular”, precisó.

A manera de conclusión, explicaron que los alumnos comprenden mejor los conceptos físicos, son capaces de planear sus diseños experimentales para resolver problemáticas específicas, se vuelven

más hábiles para analizar, entender y explicar otros fenómenos naturales que ocurren en la naturaleza hasta ajustar a modelos matemáticos las relaciones existentes entre las magnitudes involucradas; incluso llegan a desarrollar simulaciones con las herramientas computacionales que aprenden a emplear con nosotros.

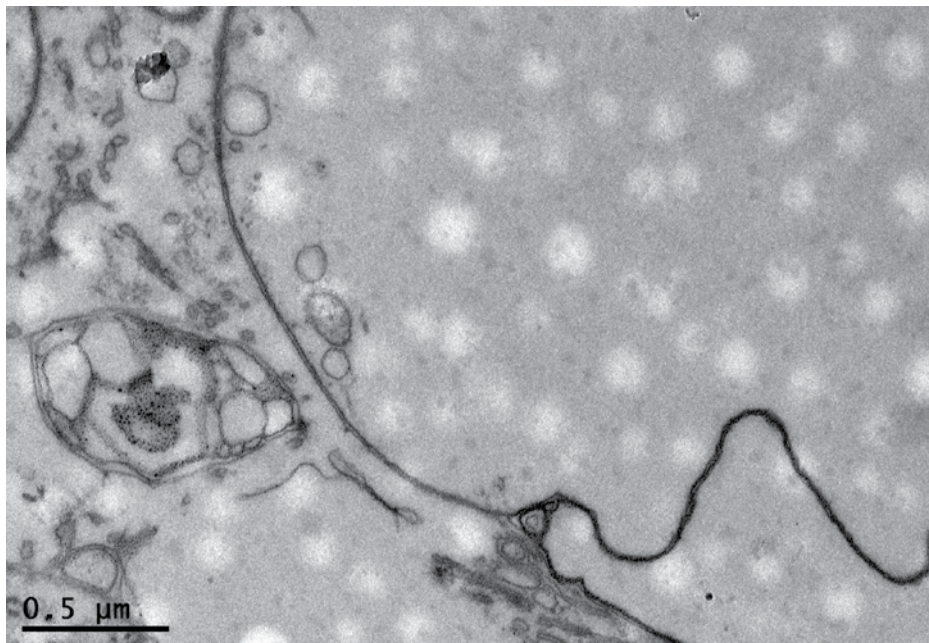
Afirmaron que el trabajo realizado en estos últimos años dentro de la Universidad les ha permitido crecer como docentes. “Nos hemos enriquecido con valiosas experiencias que no sólo nos han proporcionado más y mejores herramientas para mejorar nuestro quehacer individual, sino que nos han fortalecido profesionalmente como un grupo de trabajo sólido que ha compartido permanentemente con otros colegas, dentro y fuera de nuestra institución, el aprendizaje que hemos logrado.”

Una meta más...

Los profesores poco a poco han abandonado la taza de café humeante para dar paso a la experimentación; al fondo se escucha un ahhh grupal: son los alumnos del profesor Ramón Pérez Vega al observar el resultado de un experimento, mientras que en el cubículo interno el profesor Javier Ramos Salamanca prepara los puntos a tratar para la reunión que tendrán en breve; por su parte, el profesor Humberto Gutiérrez Valencia imparte clases, mientras la maestra Virginia Astudillo Reyes nos muestra algunos materiales elaborados y la emoción por la próxima presentación que el Grupo LAC tendrá en un foro nacional. “Aunque los 12 maestros nos esforzamos mucho, siempre está la interrogante de cómo contagiar al resto de los profesores del área, para que busquen si no nuestras alternativas, otras... Por lo pronto, estos son nuestros pasos”, señaló por último el profesor Javier Ramos Salamanca.

Ficciones para sobrevivir

BALDOMERO RUIZ ORTIZ



Imaginemos un grupo de alumnos del CCH en la clase de literatura en su primer día de clases. Una estudiante, muy inteligente, sobresaliente, interrumpe al profesor en su presentación para preguntarle:

—Maestro, ¿para qué sirve la literatura?, ¿por qué nos obligan a leer?

El profesor, un poco desconcertado, tal vez porque esperaba alumnos menos inquisitivos, atina a responder:

—La literatura nos permite ser mejores personas, disfrutar, vivir otras realidades y, si quieres conocer su utilidad más inmediata, saber de literatura es indispensable para aprobar el curso.

Con estas medias verdades nuestro profesor imaginario acallaría momentáneamente la curiosidad de la estudiante. Ahora supongamos que

ella, en su búsqueda de más respuestas, se encuentra con el libro *Leer la mente. El cerebro y el arte de la ficción*, del novelista y ensayista Jorge Volpi, y lo lee. Poco después, en su clase de literatura, interrumpe nuevamente al profesor para explicar:

—Compañeros, encontré un libro que dice que la literatura es una herramienta evolutiva que nos sirve para sobrevivir. Pero no nada más la literatura, también las películas, las series de televisión y yo digo que hasta los videojuegos. ¿Por qué no hablamos mejor de lo que pasó ayer en *Los Simpson*?

Efectivamente, el doctor Jorge Volpi, profesor de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, en el ensayo *Leer la mente. El cerebro y el arte de la ficción* hace una defensa de la utilidad del arte, la ficción y la literatura. A quienes piensan que la acti-

vidad artística sólo sirve para el “goce estético”, responde: “Se equivocan, en su calidad de herramienta evolutiva el arte no puede sino perseguir una meta más ambiciosa. ¿Cuál? La obvia: ayudarnos a sobrevivir y, más aún, hacernos auténticamente humanos.” Pero ¿cómo puede ayudarnos la literatura en nuestra sobrevivencia?, ¿por qué ha sido fundamental para el ser humano contar historias? Parte de la respuesta está en las neuronas espejo.

El neurofisiólogo italiano Giacomo Rizzolatti descubrió que los monos de su laboratorio imitaban los movimientos de los científicos con los que trabajaba, y al hacerlo aumentaban la actividad en la región motriz del cerebro: eran las neuronas espejo. Éstas han sido relacionadas con la empatía. Al parecer, son responsables de nuestra capacidad no sólo de imitar los movimientos del otro, sino también de ponernos en su lugar, de aprender y sentir lo que sienten otros.

Jorge Volpi expone estos hallazgos para explicar qué sucede en nuestro cerebro cuando leemos y por qué nos identificamos con los personajes de una ficción. Más allá del entretenimiento o del placer, nuestro cerebro reacciona ante la ficción en la misma forma en que lo hace ante los sucesos de la vida cotidiana. Almacena la información que será pertinente para la supervivencia y nos prepara para reaccionar ante el futuro. La ficción nos permite explorar la naturaleza humana, tener empatía, sentirnos como Gregorio Samsa o Madame Bovary, y explorar las salidas a un posible conflicto.

El cerebro cuenta con un solo elemento para anticiparse al porvenir y elegir la mejor reacción ante un problema: el pasado, nuestra experiencia. Sin embargo, nuestro contacto con la ficción también forma parte de nuestra experiencia y, si es necesario, esa información nos ayudará a decidir ante situaciones de riesgo. Por eso, Volpi se aventura a decir que la ficción y la literatura han sido

fundamentales para la evolución de nuestra especie.

Nuestra historia de la estudiante interesada en descubrir la utilidad de la literatura tal vez sea olvidada en muy poco tiempo por los lectores que construyeron una imagen del salón del CCH, del profesor y de la alumna. El cerebro olvidará la información de la misma manera en que lo hace con muchos sucesos de nuestra vida; sin embargo, la ficción (por absurda o exagerada que sea) nos puede ayudar a obtener información valiosa sobre nuestra condición humana en escenarios distintos, nos permite sentir empatía con un personaje, conocer sus decisiones y prepararnos para las nuestras en el futuro.

El libro del doctor Jorge Volpi es al mismo tiempo un ensayo literario, filosófico y de divulgación científica. Es una obra clara, amena y bien documentada. Tal vez una de las críticas que se le pueden hacer es la que, sin querer, realizó uno de mis profesores de posgrado cuando en un seminario debatíamos sobre este texto. El profesor, un tanto celoso, cerró la discusión: no necesito leerlo, ya leí los libros que Volpi leyó.

Para los que no quieran o no puedan leer los libros que Volpi reconoce como fundamentales para la elaboración de su ensayo, *Leer la mente. El cerebro y el arte de la ficción* es una obra recomendable para acercarse al mundo de la neurofisiología, la literatura y la creación artística. Y, por supuesto, es un libro adecuado para los estudiantes que se preguntan para qué sirve la literatura.

Nota

Jorge Volpi, *Leer la mente. El cerebro y el arte de la ficción*, Alfaguara, México, 2011.

La imagen para este artículo fue proporcionada por la Unidad de Microscopía del Instituto de Fisiología Celular, UNAM. Utilizando un microscopio electrónico de transmisión Jeol 1200 EXII.

Pág. 99, Dr. Francisco Fernández de Miguel, Dr. Rodolfo Paredes, *Acocil*.