

Mecánica cuántica

Sobre la universidad

**Calidad del aire
en la ciudad de Mar del Plata**

**Radiaciones electromagnéticas
y sus efectos en el cuerpo humano**

Sudoku

La Física de la Magia

Sumario

Año 15 - Nexos 25 - Marzo de 2008

Editorial	3
Debate: Desaciertos en la interpretación de la mecánica cuántica	5
<i>D.A. Mirabella, C.M. Aldao y A.C. de la Torre</i>	
Opinión: Sobre la Universidad	11
<i>Noé Jitrik</i>	
Artículo: Calidad del aire en la ciudad de Mar del Plata	18
<i>S.N. Mendiara y M.C. García</i>	
Las radiaciones electromagnéticas y sus efectos en el cuerpo humano	24
<i>M.A. Revuelta, J. G. Fernández, R. M. Hidalgo, R. R. Rivera y W. A. Gemin</i>	
La física de la magia	34
<i>M. Hoyuelos</i>	
Divertimento matemático: Sudoku, permutaciones, cuadrados latinos y frases famosas	44
<i>C. Bravo y L. Junqueira</i>	
Reseñas: Fundamentación epistemológica de la parasitología__	50
<i>G. M. Denegri</i>	
Encrucijadas de la técnica: ensayos sobre tecnología, sociedad y valores	51
<i>D. Parente</i>	



NEXOS

SECRETARIA DE CIENCIAS E INNOVACION TECNOLOGICA

Propietario:
Universidad Nacional de Mar del Plata

Director:
Norberto Álvarez

Editor:
M. Andrea Di Pace

Comité editor:
Celso Aldao, Mónica Bueno,
María Coira, Alberto de la Torre, Fernando
Cacopardo,
Gustavo Fernández Acevedo,
Cristina Murray, Graciela Zuppa

Arte:
Departamento de Diseño
EUDEM / UNMDP

Impreso en:
Dirección de Imprenta
UNMDP

La Secretaría de Ciencias e Innovación Tecnológica de la UNMDP tiene como objetivos la elaboración, ejecución y control de las políticas atinentes al desarrollo de las investigaciones, la formación de post-gradado y la vinculación con el medio relativa a estos campos. NEXOS surge como respuesta a la necesidad de potenciar y canalizar tanto la comunicación interna como la difusión hacia afuera de la Universidad de las tareas realizadas en el ámbito de esta Secretaría. NEXOS se distribuye gratuitamente a los docentes - investigadores de la UNMDP, a las universidades, a instituciones afines al sistema científico-tecnológico, a embajadas, a fundaciones y a nivel local, a centros profesionales y bibliotecas, como así también a todo aquel interesado que lo solicite. Se permite la reproducción del material siempre que se cite la fuente y el nombre del autor y que se envíen a NEXOS dos ejemplares. Los artículos firmados no expresan forzosamente la opinión de la UNMDP ni de la Redacción.

Año 15 - Nº 25 - Marzo de 2008
ISSN 0328-5030
Registro de Propiedad Intelectual
0328-5030
Tirada: 2000 ejemplares

Normas Editoriales

Requisitos que deberán reunir los trabajos:

* Dado que Nexos es una revista de divulgación de las actividades de ciencia e innovación tecnológica que llevan a cabo los investigadores de la Universidad Nacional de Mar del Plata, se recomienda que las contribuciones por publicar estén relacionados con estas actividades.

* Las contribuciones podrán ser:

- 1) carta de lectores: comentarios sobre temas aparecidos en números anteriores o sobre temas relacionados con el quehacer científico;
- 2) artículos: donde se tratan temas específicos de investigación de los autores;
- 3) opinión y debate: respecto de temas relacionados con las actividades propias de las ciencias o del ámbito universitario;
- 4) actualización: sobre novedades o avances científicos y tecnológicos;
- 5) situación: sobre temas propios de nuestra universidad (reseñas bibliográficas, premios en reconocimiento a la investigación, etc.).

* Las contribuciones con formato de artículo o actualización no deberán exceder las 5000 palabras, las de opinión y debate no deberán exceder las 3000. En el caso de las cartas de lectores y reseñas bibliográficas no deberán exceder las 500 palabras.

* Los originales comenzarán con el título, nombre de los autores y lugar de trabajo y un resumen de no más de 100 palabras. Todas las páginas deberán estar numeradas. Se recomienda incluir datos biográficos de los autores (aproximadamente cinco líneas).

* Redactar los artículos teniendo en cuenta que sus destinatarios no son especialistas. Evitar el uso de palabras técnicas, en caso de que sea inevitable su uso definir siempre, con precisión pero de manera sencilla, el significado de los términos. Recurrir abundantemente a ejemplos. Usar el lenguaje más llano posible. No emplear palabras extranjeras si hubiese razonables equivalentes castellanos. Evitar neologismos, muletillas y expresiones de moda.

* Ilustraciones: es importante el uso de ilustraciones para clarificar los artículos. Se recomienda que las ilustraciones (figuras, fotos, gráficos,

etc.) sean originales y de alta calidad. Las leyendas de las ilustraciones se escribirán al final del texto con una enumeración clara.

* Bibliografía: no será obligatoria su inclusión. En los casos en que se incluya deberá ser un listado exclusivamente de las obras citadas en el texto. Se sugiere no abusar de citas y referencias para hacer más ágil la lectura.

* Para publicar en Nexos será necesario que el autor o al menos uno de los autores (en el caso de coautorías) pertenezca a la Universidad Nacional de Mar del Plata.

* Las publicaciones serán sin cargo.

Aceptación y orden de publicación de trabajos

* El comité editor aceptará, rechazará o solicitará modificaciones a los trabajos presentados.

* El comité editor organizará el orden de publicación independientemente de las fechas de recepción de los trabajos. Se pretende que Nexos represente la actividad de ciencia e innovación tecnológica de la Universidad en su conjunto.

* Cuando el comité editor lo considere podrá solicitar el arbitraje de los trabajos. Si se consideran necesarias modificaciones de contenido se consultará a los autores. El comité editor podrá realizar correcciones de estilo que no afecten el contenido del artículo.

Recepción de trabajos

* Con la entrega de trabajos para su publicación el autor se compromete a aceptar las normas editoriales y garantiza la originalidad del trabajo. Los autores deberán ceder sus derechos de autor a la Universidad Nacional de Mar del Plata.

* La versión original del trabajo puede ser enviada como archivo adjunto de un correo electrónico a nexos@mdp.edu.ar o personalmente en un formato digital en la Secretaría de Ciencias e Innovación Tecnológica de la UNMDP - Diag. J.B. Alberdi 2695 4º piso (7600) Mar del Plata.

Editorial

Como digo una co... digo la o...

Supusimos que con el Nº 24 de Nexos nos despedíamos de una tarea que nos llenó de alegría, compromiso y satisfacción. Haber compartido cuatro años con su Comité Editor y su Editora Responsable fue un placer y un ejercicio afectivo de esos que el mundo laboral no ofrece con asiduidad. Algunas malas artes y los vericuetos jurídico-políticos de la renovación de autoridades de la UNMDP, no han hecho un gran favor a la Institución, pero nos han otorgado este *bonus track*.

El Editorial del Nº 24 de Nexos lo titulábamos «¡Buenas Nuevas!» y celebrábamos en él la decisión presidencial de crear el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y poner a su cargo a un destacado investigador, el Dr. Lino Barañao. Nuestras expectativas institucionales siguen intactas, en cambio no ocurre lo mismo con nuestras valoraciones políticas y las coincidencias científico-intelectuales. No se trata aquí de predisposiciones, sino de unas preocupaciones emitidas desde una esquina del sistema y a casi un año de la gestión del flamante Ministerio.

A comienzos de año, recién instalado en su cargo, el ministro L. Barañao hizo las siguientes declaraciones a la prensa: «*A mí me gustaría ver un cierto cambio metodológico, estoy tan acostumbrado a la verificación empírica de lo que digo, que a veces los trabajos en ciencias sociales me parecen teología [...] no hay motivo por el cual las áreas humanísticas deban prescindir de la metodología que usan otras áreas de las ciencias*». La frase peyorativa tuvo respuesta inmediata: una tormenta periodística de verano, que volvía a ahondar la brecha en la absurda disputa entre «duros y blandos». Luego vinieron los desmentidos y enmiendas oficiales con los consabidos efectos de esas intenciones aclaratorias a destiempo, que no amainaron las molestias y el desencanto entre los investigadores de las Ciencias Sociales.

Hubiese sido de esperar que a estas alturas del vasto y complejo crecimiento del mundo científico, alguien de su destacada trayectoria y rango político no hubiese demandado la aplicación de metodologías propias de las ciencias experimentales a las Humanidades y a las Ciencias Sociales. Es un saber elemental, y no pedirle peras al olmo, es un saber popular. Ese tipo de reclamo se torna arcaico, casi de corte decimonónico-positivista, y ha hecho mucho daño a la construcción de un talante multidisciplinar en las Ciencias.

El Sr. Ministro sabe –o debiera saber– que las peculiaridades de las ciencias sociales y de sus objetos de estudio (nada menos que el hombre) no hacen siempre posible seguir los pasos del saber de carácter experimental. Y esto es así, sin que por ello dejen de ser ciencias y puedan hacerse de manera seria y responsable, con gran utilidad para la sociedad que las sostiene y financian. Este parecer es factible de ser cuestionado y generar un intenso debate. De igual modo es discutible la reiterada afirmación ministerial de que «*la generación de riqueza tiene que ser la responsabilidad central de las universidades*». Hay quienes coinciden y hay quienes creen que eso es una clara subordinación al mundo empresarial. Pareceres, polémicas, controversias, es una práctica que si se mantiene en el marco del respeto y la prudencia hace que la sociedad crezca desde sus raíces.

Siempre he alentado el debate público, pero con la condición de asumir responsabilidades en los saberes y los decires de arriba hacia abajo, que para eso arriba se cobra más que abajo.

Si para dar título y abrir este editorial he recurrido a Joaquín Sabina, haré lo mismo para cerrarlo y despedirme. Hay sectores del mundo científico argentino que se empeñan en conservar ese estilo descalificador que tan poco favor nos ha hecho en la conformación de un campo científico tolerante, variopinto y complejo. A pesar de un incuestionable prestigio hay quienes hacen gala de «una frente muy alta, una lengua muy larga y una epistemología muy corta». Sin personalizar el alcance de esta parodia de la canción de Sabina, estamos seguros que le compete a un amplio sector del mundo científico y que muchas veces está a cargo de la gestión.

Lic. Norberto Álvarez
 Secretario de Ciencias e
 Innovación Tecnológica
 UNMdP

Beca Guggenheim

La Dra. Mirta Inés Aranguren, docente del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata e Investigadora Principal del CONICET en el INTEMA, fue galardonada con una Beca Guggenheim. Las Becas Guggenheim fueron establecidas en 1925 para apoyar a académicos y artistas. Son otorgadas anualmente a través de dos competencias, una para los ciudadanos de Estados Unidos de Norteamérica y de Canadá, y la otra para los de Latinoamérica y del Caribe. Este año se han otorgado 35 becas a ciudadanos de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, México, Nicaragua, Perú y Venezuela. Los premiados presentan un grupo diverso en temas de trabajo, localización y edad. La Dra. Aranguren obtuvo esta distinción por su trabajo en polímeros inteligentes reforzados con nanocelulosa. Estos polímeros son compuestos basados en poliuretanos en los que intervienen partículas extremadamente pequeñas de celulosa como refuerzo. Tales estructuras son capaces de «recordar» su forma original, y una vez que son deformadas, pueden recuperar aquella cuando se les aplica un estímulo externo, por ejemplo un cambio de temperatura.

CIENCIAHOY

Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy



Volumen 18 - N° 106
 Agosto - Septiembre 2008

La transformación del campo argentino

- Campo y política
- Agricultura y biodiversidad
- Cambio climático y nivel del mar
- Ciencia, arte y patrimonio cultural

www.cienciahoy.org.ar

Responsable de la distribución en Mar del Plata:
 Raúl Fernández - raferna@mdp.edu.ar / Tel: 0222 474-7332

Desaciertos en la interpretación de la mecánica cuántica

D.A. Mirabella, C.M. Aldao y A.C. de la Torre

What the bleep do we know es una película que se estrenó en 2004. En nuestro país se le dio el título ¿Y tú qué sabes? En la película nos dicen que la mecánica cuántica y la neurociencia apoyan posturas místicas. Analizamos aquí la ciencia detrás de estas afirmaciones.

Quienes abrazan filosofías posmodernistas desprecian la ciencia. Sin embargo, la mecánica cuántica parece ser la excepción. Lo que resulta realmente atractivo de esta rama de la física son los fenómenos que predice, tan contrarios a la intuición. La falta de comprensión de esta disciplina puede conducir, a quienes no la dominan, a interpretaciones equivocadas que apoyan ideas extrañas, completamente ajenas a la propia mecánica cuántica y a la ciencia en general.

En 2004 se estrenó una película pseudo-documental, *What the bleep do we know*, que incluye una gran dosis de mecánica cuántica. En síntesis, la película es un conjunto de disparates disfrazados de ciencia moderna. Hay varias intervenciones de expertos y una historia bastante endeble de una mujer sorda (Amanda, interpretada por Marlee Matlin) quien es alentada a «despertar» y utilizar todo el potencial que la vida puede brindarnos.

Los tres directores de la película son miembros de la *Ramtha's School of Enlightenment* (Escuela Ramtha para la Iluminación) que se encuentra en Yelm, Washington. La Escuela fue fundada y es dirigida por Judy Zebra Knight, originalmente Judith Darlene Hamton, quien dice canalizar a

Ramtha, un viejo guerrero de Lemuria que habría vivido hace 35.000 años y que ahora nos dispensa sabiduría a través de la Sra. Knight. La propia Knight aparece en la película como uno de los expertos. J.Z. Knight, como prefiere que la llamen, nos pretende enseñar la naturaleza de la conciencia, la energía, el espíritu y la materia o cómo juega Dios el rol de observador en la física cuántica. Cabe mencionar que por esta tarea ha ganado millones de dólares.

Los expertos aparecen en entrevistas en las que sus ideas se enlazan y entremezclan

Creo en un mundo que tiene una existencia objetiva que yo trato de capturar mediante teorías osadamente especulativas

Albert Einstein

para ofrecernos la verdad fuera de la historia de la película. Los físicos que aparecen en la película señalan cómo en el contexto de la mecánica cuántica es posible que un objeto pueda estar deslocalizado (de esto se puede pensar que pueda estar en diferentes lugares al mismo tiempo), que la materia es mayormente espacio vacío, y que todas las partes del universo se encuentran interconectadas. Sin embargo, la idea de la existencia de una realidad independiente de nosotros, como regularmente se entiende en ciencia, es especialmente atacada al límite de la burla. También, y a consecuencia de que los valores que pueden tomar las propiedades de un objeto en el dominio cuántico están ligadas al proceso de medición (rol del observador), se afirma que podemos crear la realidad.

Normalmente en un documental, los expertos son presentados cuando aparecen por primera vez. Aquí recién esto se hace al final de la película. Y aunque, usted no lo crea, la Sra. Knight no es presentada como tal sino como Ramtha, canalizado a través de J.Z. Knight. Así que quien nos habla es el viejo guerrero que vivió hace miles de años. Ahora se entiende el porqué del extraño acento que debe ser el de alguien de Lemuria de por aquel entonces. Aunque a veces el acento es más fuerte y otras más débil, posiblemente debido a problemas en la señal de la canalización (¿será un problema en las comunicaciones con el más allá?).

En la película se critica el reduccionismo pero se sugiere que la física de partículas explica el comportamiento humano. El reduccionismo es una postura aceptable en principio porque todas las disciplinas de la ciencia se encuentran interconectadas y unas se fundan en otras. Así, uno podría decir que toda la ciencia eventualmente se reduce a la física. Sin embargo, si usted desea estudiar un ser vivo, realizará experimentos de biología y no en un laboratorio de física de partículas. En la película se comete este error en la interpretación del reduccionismo, lo que resulta sorprendentemente ingenuo.

En la película se abusa sistemáticamente del rol que el observador tiene en la mecánica cuántica, mostrando un profundo desconocimiento de la teoría. En efecto, el rol del observador en el proceso de medición

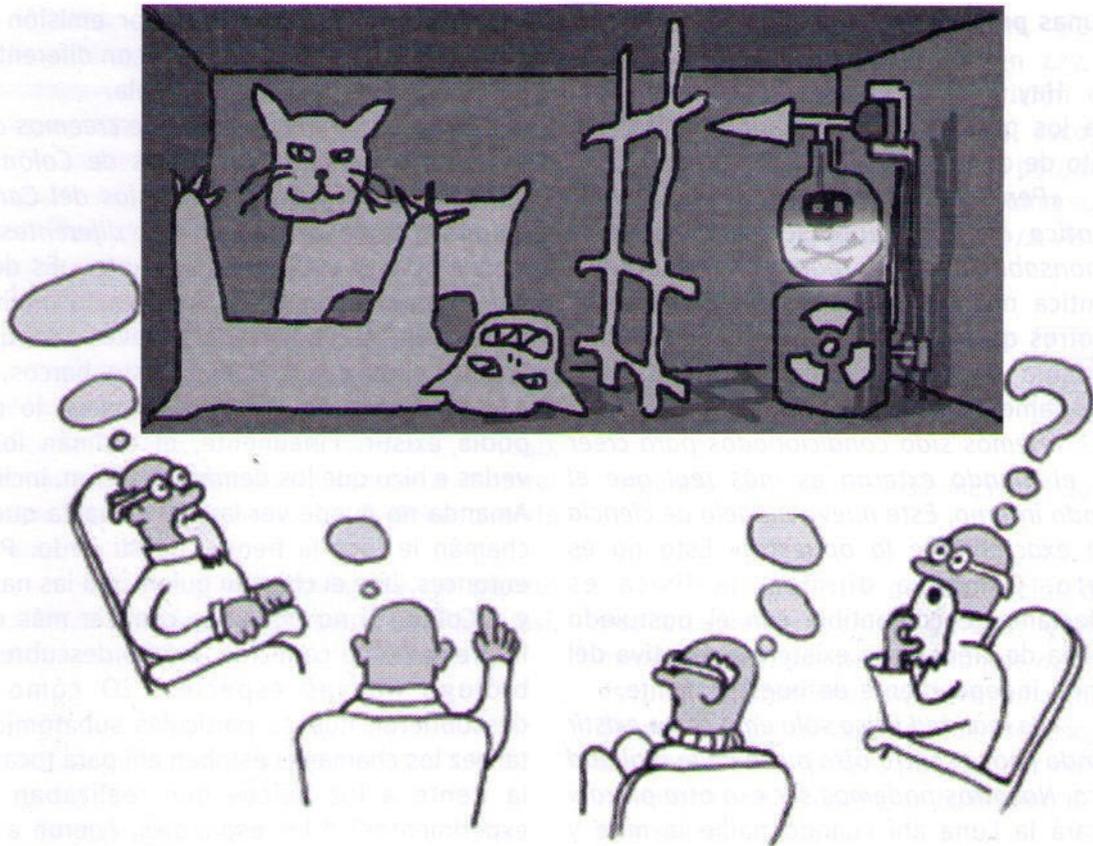
de las propiedades de un objeto es presentado en la película de la siguiente manera: si su mente es el observador del que la mecánica cuántica habla, entonces usted debería ser capaz de elegir entre varias posibles realidades. Así, unos iluminados terapeutas, por un precio más que razonable, nos enseñarían cómo explotar mejor nuestras capacidades y cambiar nuestros patrones de pensamiento para así elegir la realidad que más nos conviniera. La fragilidad de este razonamiento queda completamente al desnudo al notar que, dado que las realidades de los individuos involucran a otros individuos, la elección de una realidad placentera para uno bien podría ser un pesar para otros.

Luego de deslumbrar a Amanda y a la audiencia con mala física, la protagonista se encuentra en crisis y se cuestiona las premisas fundamentales en su vida. Sobre el final de la película, Amanda decide, luego de su crecimiento e iluminación, que no necesita más unos medicamentos recetados y se deshace de ellos. Claro, dado que ella crea su propia realidad, no los necesita. Esto es realmente peligroso. Se sugiere que dejemos de lado los tratamientos médicos para curarnos nosotros mismos creando la realidad que deseamos. Recomendamos enfáticamente no seguir este consejo.

Realismo, idealismo y positivismo

La postura filosófica llamada realismo postula que el mundo existe con independencia de nosotros (observadores) y de nuestra experiencia sensorial. El mundo existió antes de que existiese la vida y continuará existiendo, por lo que sabemos, mucho después de que todos nosotros hayamos desaparecido. El mundo externo a nosotros es entonces el origen de los datos sensoriales de diferentes individuos generados por la misma realidad. El procesamiento de esos datos conforme a nuestras vivencias, formación y experiencia constituye la percepción de la realidad de cada individuo. La postura realista fue adoptada por Aristóteles, Newton y Einstein entre muchos otros.

La postura realista resulta tan sensata que parece asombroso que existan pensadores



que la rechacen. Sin embargo, el realismo fue puesto en tela de juicio en diversas oportunidades y desde distintas posiciones. En el idealismo se sostiene que los objetos materiales o realidades externas no existen aparte de nuestro conocimiento o conciencia de ellos, de modo que el universo dependería de la mente. El positivismo, por su parte, declara que la frase «*existe un mundo exterior objetivo, independiente de la observación,*» es una frase sin sentido ya que es imposible demostrar que sea verdadera o falsa. El positivismo se opone al realismo, no demostrando su falsedad, sino declarando que no tiene sentido.

Las dos grandes revoluciones del siglo XX en la física aportaron conocimientos que nos obligan a modificar drásticamente la imagen que nos hacemos de la realidad. Así, la relatividad nos ha forzado a rever el concepto de simultaneidad. Por otro lado, la mecánica cuántica nos ha forzado, por ejemplo, a rever el concepto de localización de un objeto material. Estas modificaciones son fundamentales pero cuantitativamente muy pequeñas y despreciables para los

objetos macroscópicos que percibimos en nuestra realidad cotidiana y también para organismos microscópicos tales como las bacterias. Por eso la relatividad y la mecánica cuántica fueron descubiertas en el siglo XX y no en el XVII o en el III a.C.

Ante la dificultad de concebir las extrañas propiedades que implica la mecánica cuántica, muchos prefieren, erróneamente, abandonar totalmente el realismo y hacer depender la realidad de nuestra mente. Debe quedar claro que dicha opción puede tener motivaciones religiosas, ideológicas, sensacionalistas o políticas, pero de ninguna manera es consecuencia del conocimiento científico. **La física es perfectamente compatible con el postulado realista de creer en la existencia objetiva del mundo independiente de nuestra mente.** Sí nos indica la física que el mundo no es exactamente tal cual como nosotros lo percibimos con nuestros sentidos, sino que es mucho más bello, complejo y maravilloso.

Algunas perlas en la confusión

Hay un sinnúmero de frases y ejemplos para los que se requiere abrir la cabeza al punto de que se nos caiga el cerebro.

«Pero creo que si tomas la mecánica cuántica con suficiente seriedad, pone la responsabilidad en tu regazo.» ¿La mecánica cuántica nos hace responsables? ¿Seremos nosotros quienes tienen la culpa de que una partícula no tenga velocidad y posición perfectamente definidas?

«Hemos sido condicionados para creer que el mundo externo es más real que el mundo interno. Este nuevo modelo de ciencia dice exactamente lo opuesto.» Esto no es cierto. Como ya dijimos, la física es perfectamente compatible con el postulado realista de creer en la existencia objetiva del mundo independiente de nuestra mente.

«La realidad física sólo empieza a existir cuando choca contra otra pieza de la realidad física. Nosotros podemos ser esa otra pieza.» ¿Estará la Luna ahí cuando nadie la mire y ningún meteorito la impacte? Uno se pregunta cómo podemos saber que no está ahí cuando no miramos.

«Experimentos científicos han demostrado que si tomamos a una persona y observamos su cerebro en un tomógrafo y le pedimos que mire un determinado objeto, se ve que ciertas zonas de su cerebro se iluminan. Y luego le pedimos que cierre los ojos y que imagine ese mismo objeto, las mismas zonas de su cerebro se iluminan como si, de hecho estuviera viéndolo. Entonces ¿quién ve?, ¿el cerebro ve o nuestros ojos ven? ¿Y qué es la realidad?» Lo que se quiere demostrar es que la mente humana es capaz de influir en el mundo ya que éste podría no ser más que un producto suyo. Para respaldar esta afirmación se dice que el cerebro no distingue entre lo presenciado y lo recordado. Por lo tanto, realidad y recuerdo son de la misma naturaleza: un producto de la mente. Es como decir que dado que se activaron las mismas partes de su cámara digital cuando tomó la foto de su amigo Juan que cuando la observó luego, su amigo Juan no existe, sino que es producto de la propia cámara. ¿Usted diferencia entre una visión y un recuerdo? Nosotros sí. Más allá de estos obvios argumentos, cabe señalar que las áreas que

se iluminan (en tomografía por emisión de positrones) al ver y al recordar son diferentes, no como se afirma en la película.

«Sólo podemos ver lo que creemos que es posible... cuando las naves de Colón se acercaban, los indios de las islas del Caribe no pudieron verlas porque eran diferentes de lo que habían visto anteriormente.» Es decir que, cuando Colón llegó a América, los nativos literalmente no podían ver las naves. ¿Por qué? Porque ellos nunca habían visto barcos, se encontraban fuera del paradigma de lo que podía existir. Finalmente, el chamán logró verlas e hizo que los demás las vieran. Incluso Amanda no puede ver las naves hasta que el chamán le toca la frente con su dedo. Pero entonces, ¿fue el chamán quien creó las naves y a Colón? Si no podemos conocer más que lo previamente conocido, ¿cómo descubre un biólogo nuevas especies? ¿O cómo se descubrieron nuevas partículas subatómicas, tal vez los chamanes estaban ahí para tocarles la frente a los físicos que realizaban los experimentos? Y los españoles, ¿vieron a los indios cuando los encontraron o necesitaron de un chamán que también les tocara la frente?

«Esos electrones construyen una carga y empujan otros electrones antes de tocarlos. Así, nadie toca nada.» Lo que se describe es cómo la materia interactúa. Cuando usted toca algo ocurre lo que aquí se describe a nivel atómico. Justamente eso es «tocar»; es cuando las fuerzas de repulsión eléctrica se hacen tan grandes que impiden un mayor acercamiento..

«La física cuántica calcula sólo posibilidades... ¿quién o qué elige entre estas posibilidades para hacerla realidad? Inmediatamente vemos que la conciencia debe estar involucrada. El observador no puede ser ignorado.» Las cosas no son así. Es cierto que el observador afecta lo observado, pero no puede elegir de qué manera. Por otro lado, los billones de átomos que hay en el Sol, por ejemplo, se comportan como lo describe la mecánica cuántica y así recibimos su luz y calor. No se necesita un observador para que esto ocurra.

«En Washington DC, la supuesta capital mundial del asesinato, hubo un gran experimento en el verano de 1993, donde cuatro mil voluntarios vinieron de cien países para meditar en forma colectiva durante largos periodos de tiempo a lo largo del día. Se



predijo con anterioridad, que con un grupo de ese tamaño, habría una disminución del 25% en crímenes violentos en Washington ese verano según lo define el FBI. ... los resultados mostraron de hecho una disminución del 25% de crímenes.» Todo indica que el Dr. Hagelin, quien presenta este caso, comete un error a sabiendas (originalmente había reportado una reducción del 18%). En realidad de 1992 a 1993 los asesinatos en Washington DC aumentaron, también las violaciones y los asaltos. Uno no deja de admirarse por el descaro del Dr. Hagelin; hoy día, gracias a internet, no es difícil encontrar información al respecto y cotejar los números. Sin embargo, el Dr. Hagelin obtuvo un premio por este trabajo, un premio Anti-Nobel (Ig Nobel Prize) en 1994.

El agua es sensible y se emociona

Un capítulo aparte merece el «investigador» japonés Masaru Emoto cuyo trabajo es presentado en la película con bombos y platillos. Emoto dice haber comprobado que el agua es sensible a las palabras y los sonidos. Para ello, Emoto tomó distintas muestras de agua, las expuso a diferentes estímulos, las congeló, las examinó bajo un microscopio y las fotografió. Así, el agua de una botella en la cual había escrito «amor y gratitud» formó cristales perfectos,

mientras que la expuesta a la palabra «tonto» u otro término negativo o que indicara un daño hacia las personas, no formó ningún cristal.

«La lección que aprendimos de estos experimentos se relaciona con el poder de las palabras. La vibración de palabras amables tiene un efecto positivo en nuestro mundo, mientras la de las palabras negativas e imperativas, un poder destructivo», sostiene Emoto en su libro *Los mensajes ocultos del agua*. Y este es un descubrimiento que podría ser importante ya que, como fetos, los seres humanos comenzamos nuestras vidas compuestas en un 99 por ciento por agua, pasamos al 90% cuando nacemos, y al 70% cuando alcanzamos la adultez. *«A lo largo de nuestras vidas, existimos principalmente como agua»,* señala Emoto.

Emoto no sólo probó con frases y palabras, sino que también expuso el agua a distintas melodías, como la quinta sinfonía de Beethoven y la número 40 de Mozart, casos en los que se formaron *«preciosos cristales de gran detalle y exactitud»,* y también a música heavy metal, que no dio lugar a ningún cristal.

«Si los pensamientos pueden hacerle esto al agua, imagina lo que nuestros pensamientos pueden hacernos. El pensamiento sólo puede cambiar completamente el cuerpo. La mayoría de la gente no afecta la realidad de manera



consistente y sustancial porque no creen que pueden hacerlo.» Los resultados que se muestran en la película son impactantes... bueno, si fueran ciertos...

¿Quién es Masaru Emoto? Nació en Yokohama en 1943. Se graduó en relaciones internacionales, en la Universidad Municipal de Yokohama (Departamento de Ciencias y Humanidades). También posee un título de medicina alternativa, dado por la Open International University for Alternative Medicine, una universidad radicada en India que da títulos por correo.

Lo que no se dice en la película es que el propio Emoto es quien prepara las muestras, toma las fotografías y evalúa su belleza. Es decir, sabe qué muestras de agua estuvieron expuestas a qué mensajes. Los resultados serían significativos si el experimento fuera realizado sin saber de qué muestra se trata al evaluarla.

James Randi, fundador de la Fundación Educativa James Randi, ha ofrecido públicamente a Emoto un millón de dólares si sus resultados se pueden reproducir en un estudio de doble ciego. Emoto nunca aceptó el desafío. Por otro lado, no se sabe de nadie que haya podido reproducir los espectaculares resultados de Emoto.

Comentarios finales

No son pocos quienes han visto la película y creen que los temas de física, mecánica cuántica en particular, son tratados en ella con seriedad. De hecho, las interpretaciones equivocadas que se presentan se utilizan para sostener creencias místicas ajenas a la ciencia y que lamentablemente nos invaden hasta llegar incluso a la universidad.

Esta película es muy dañina porque contiene algunas pocas verdades sobre la mecánica cuántica para justificar una gran cantidad de esoterismos y falsedades. Desafortunadamente el espectador promedio no tiene suficiente formación en el tema para poder discernir entre lo verdadero y lo falso. En la película se hacen numerosas afirmaciones que no tienen ningún soporte pero son presentadas como si fuesen hechos demostrados en la mecánica cuántica. Es

cierto que la mecánica cuántica nos sugiere un nuevo concepto de la realidad en el mundo microscópico mucho más bello y sutil que el brindado directamente por nuestros sentidos, que solamente es una buena aproximación aplicable a objetos macroscópicos. En ese mundo microscópico aparecen efectos asombrosos como la indeterminación, la no localidad y muchas otras cosas que aún no entendemos profundamente. Sin embargo, todas estas maravillas se desvanecen en escalas macroscópicas (efecto de decoherencia bien conocido en la mecánica cuántica y totalmente ignorado en la película) y no sustentan las innumerables afirmaciones esotéricas que se proponen.

La idea central en la película es que la mecánica cuántica prueba que se necesita un observador conciente para crear la realidad. El asunto es que la mecánica cuántica no dice eso. Se confunde la mecánica cuántica con una interpretación de la mecánica cuántica. Y aun cuando la interpretación fuera correcta, no puede extrapolarse para decir que nosotros creamos la realidad.

Llaman la atención los expertos. La mayoría de ellos perdieron el camino. Éste no es el caso de David Albert, quien es profesor y director de la Fundación Filosófica de Física de la Universidad de Columbia. Cuando lo entrevistaron para la película trató de explicar que la mecánica cuántica no tiene nada que ver con algo como la conciencia o el espíritu. Sus respuestas fueron editadas para hacer parecer que coincidía con la posición de los demás. El Prof. Albert demandó a los productores de la película.

En síntesis, *What the bleep* es un discurso de charlatanes que realizan propaganda de un culto disfrazado de ciencia. La irracionalidad campea por doquier, pero ésta es especialmente peligrosa: no sólo se la presenta como ciencia sino como ciencia de vanguardia.

Sobre la Universidad

Noé Jitrik

En ocasión de celebrarse el «V Encuentro Nacional y II Latinoamericano: La universidad como objeto de investigación», hacia fines de 2007, en la Universidad Nacional del Centro, Noé Jitrik, fue convocado para brindar la conferencia inaugural. El reconocido escritor y crítico literario, rara avis en ese tipo de encuentros, así como insoslayable en los de literatura argentina, latinoamericana y teoría literaria, gratificó a todos con lo que fue la primera versión del texto que aquí ofrecemos. A partir de situaciones tomadas de las diversas experiencias históricas de la universidad así como al tratamiento que tales instituciones, sus actividades y sus actores (profesores y estudiantes) han tenido en conocidas obras de la literatura universal, Jitrik nos ofrece una mirada sobre la vida universitaria que conjuga sabiamente la reflexión y el humor.

Desplazamientos

En la Antigüedad, el saber —había sabios en la Antigüedad, antiguos tal vez pero buenos— antes de ser escrito era oral: Sócrates, sin ir más lejos, hablaba y sus discípulos escuchaban, salvo Platón, que escribía lo que Sócrates —es una suposición— decía. Al viejo filósofo esa práctica de lo que ahora llamaríamos «extensión» le costó la vida y a los que lo precedieron la humillante designación de presocráticos. Un poco después, siempre dentro de lo que se llama muy en general la Antigüedad, el saber estaba recluso en los penosos libros escritos a mano en hojas de protopapel; los libros, a su vez, estaban reclusos en bibliotecas en parte porque valían y eran útiles, en parte también porque, prematuramente, eran corrosivos; tal vez por eso, en tristes jornadas, de cuando en cuando eran incendiadas, tal como ocurrió con la inolvidable de Alejandría. Se dice, y es probable que sea cierto, que eso demoró el desarrollo científico de la humanidad por varios siglos, pero qué importancia puede tener el tiempo para un pirómano.

Poco a poco, y acaso en virtud de esos cálidos antecedentes, el saber, entendido

como producción de saber, se fue refugiando, en forma de libros, en lugares más secretos, aptos para preservarlo; me refiero a los monasterios aunque no es muy seguro que los monjes leyeran o, si no es de mi parte falta de información, los escribieran. Algunos lo hicieron, sin duda, como San Agustín y los llamados «padres de la iglesia» pero seguramente su irradiación no traspasaba los muros de los lugares santos. Umberto Eco, como seguramente todos lo recuerdan, describió esa situación libresca en *El nombre de la rosa*, mediante una ardua metáfora acerca del carácter mortífero de la palabra escrita, por más guardada que esté.

Como presintiendo que la Edad Media estaba a punto de acabarse, muchos —algunos religiosos, otros mundanos— concibieron estructuras, llamadas «Universidades», destinadas no sólo a preservar el saber sino a producirlo y, además, a difundirlo, con una convicción: ese sistema podía ser muy útil para ayudar a la turbulenta y poco formada sociedad a entenderse, organizarse, salirse de las oscuridades que las entorpecían; filosofía, medicina, teología, gramática, podían salvar al género humano de los riesgos evidentes que corría, tropelías imperiales, pestes, utopías jerosolimitanas, misticismos suicidas,

ignorancias absolutas, iniquidades sociales y muchas otras calamidades; de alguna manera, poco clara, esas instituciones democratizaban el saber pero eso, justamente, el hecho de que intentarían crear una red en la que la vida social se apoyara, les concedía un poder que en los primeros momentos no podía abrirse paso porque no podía competir con el poder de los imperios o monarquías y de la Iglesia, cada uno por separado o los dos juntos. Unos y otra habían entendido el potencial de las universidades y, por lo tanto, suponían que debían ponerse a su servicio.

En esa situación, al poder que otorgaba la producción, la reproducción y la difusión del saber, no le quedaba otra salida que volverse sobre sí mismo, consolidarlo se convirtió en programa, uno de cuyos puntos era la apasionante tarea de darle una orientación, dirigirlo, usufructuarlo, controlarlo: ser rector de una universidad se convirtió así en una meta aunque hacia afuera no pudiera competir con los otros poderes.

Tener poder adentro, en consecuencia, determinó un desplazamiento cuyos efectos todavía se sienten; dicho de otro modo, si el saber era el objeto de la creación de las universidades y éstas se convertían en el recinto del saber, muy pronto lo más importante era el recinto y no el saber guardado en él. La institución, cuyo núcleo significativo básico es la voluntad de perdurar, aunque su objeto esencial no sea ése, se concentra en su estructura y lo que la estructura pide lo cual, a su vez, genera multitud de asuntos que imitan las luchas por el poder, muchas veces por sí mismo, muchas veces, como habría dicho Nietzsche, por la voluntad de poder.

Dicho de otro modo, se genera en el interior de las universidades una vida propia y peculiar, con relaciones propias y peculiares, con modos y maneras distinguibles como propias y peculiares, con conflictos que no se parecen a ningún otro, con situaciones históricas altamente significativas; por ejemplo, la universidad como isla democrática, como refugio privilegiado de determinados privilegiados, como al servicio de la comunidad o indiferente a los pedidos que hace la sociedad, como lugar apetecible para instalarse y desde allí predicar la sabiduría o la competencia, como caverna misteriosa en

la que algunos investigan y, en ocasiones, como premio a sus logros, emigran de sus países empujados por benévolo gobernantes que quieren ser generosos con los de otros países; también como poseedores de bibliotecas, que son como los restos de las viejas tradiciones, lo que las une con la Edad Media cuando las universidades empezaban a ver la luz y a emitir sus primeros gemidos. En fin, las universidades son micromundos en los que pasan muchas cosas, ésas, precisamente, que provocan curiosidad a quienes no están en ellas, casi morbo, objeto de indagación y de ficciones, lugar secreto lleno de recovecos, apto para la fantasía, también para enseñar y para investigar, aunque eso no parece encerrar ningún secreto interesante.

Ficción

La vida interna de las universidades ha sido desde su comienzo un enigma para los de afuera, que podían imaginar que entre sus muros sucedían las cosas más descabelladas, y de intriga o problemática para los de adentro. La literatura ha sido bastante sensible a una u otra posición. Para la primera basta con recordar que de la Universidad de Wittemberg salió el mito de Fausto, que desde antes de Goethe atravesó luego toda la literatura universal, o bien la siniestra biblioteca de la Universidad de Arkham, en Providence, en la que un desafortunado Lovecraft había instalado un ejemplar del *Necronomicón*, un libro demoníaco dotado de poderes y de explicaciones acerca del origen cetáceo de los habitantes de esa tormentosa región.

Para la segunda, desde François Villon a Cervantes el estudiante deviene personaje, casi héroe de la picaresca, el estudiante es un muerto de hambre que inventa toda clase de argucias para comer, para violar criadas, para hacerse de dineros que de inmediato pierde en las juergas y, en fin, para dilapidar su tiempo en lugar de estudiar. No se sabe cuándo y cómo y qué estudian aunque se puede presumir que salieron del Trivium y el Cuadrivium o de las pedregosas cuestiones de la teología o de la Cábala pero sí se puede saber qué hacían para tolerar el frío inclemente de las aulas: a fuerza de patear, en las clases





"La lección de anatomía del doctor Tulp" 1632. Rembrandt

de Fray Luis de León, en Salamanca, dejaron el piso de madera marcado, lleno de heridas, cómo habrán recibido las enseñanzas de ese angélico monje, al cual imaginamos diciendo constantemente, como un disco rayado, «como decíamos ayer», máxima expresión de continuidad académica.

Unos pillos los estudiantes, amantes de salidas nocturnas y autores de canciones procaces, como la famosa «los estudiantes navarros/chin pun/ comen pan y queso/ chorizo y jamón/ y el porrón», como si no hubieran tenido ninguna otra cosa que hacer. Haciéndose cargo de ese orden de relaciones surge la llamada «fiesta académica», esa hermosa obra de Brahms, cuyos versos exaltan la alegría de la juventud pero también la fugacidad de la existencia y que todavía algunos universitarios melancólicos festejan, en detrimento de la música de rock, poco o nada referida a la vida de la universidad aunque sí a los riesgos de la juventud.

La vida pícara, el desborde, el desafío, el lance secreto, los amores desaprensivos se

eclipsan en el imaginario de la época de las luces, posterior al descubrimiento cartesiano que modifica, obviamente, el esquema intelectual de las universidades: la razón se abre paso penosamente y las penumbras medievales retroceden no sin resistencia, pero en el siglo XIX la melancolía romántica retoma el tema con toda la tristeza del caso: Espronceda escribe *El estudiante de Salamanca*, Chejov *El estudiante*, uno de sus mejores textos y hasta el caviloso Raskolnikov es un estudiante aunque no se sabe a qué Universidad asiste. Quienes, en cambio, no suscitan el interés de la literatura son los docentes, de poco interés para los escritores, sus vidas deben haber sido aburridas, como la del profesor Fausto antes de su pacto con el Diablo, o la del profesor Unrath, antes de caer en las redes de la encantadora y perversa «ángel azul», la divina Marlene Dietrich, pese a que en ese momento no tenía la estilizada figura que la hizo famosa.

Tarda un poco la literatura, en el siglo XX, en descubrir materia narrativa en la universidad;

los estudiantes son otros, existen los que antiguamente se llamaban «bedeles» y últimamente no-docentes, y también, «last but not least», los reyes de la creación, los docentes, de modo que las relaciones entre todos ellos, además de integrar diversos comités y lugares de enfrentamientos salariales, ideológico políticos y espacios destinados a instalar adictos y a excluir desafectos, dan lugar a figuras interesantes para la literatura. En ese contexto, no puedo dejar de mencionar algunos textos importantes o, si no tanto, que al menos han llamado la atención de un público no universitario. Mi lista no será exhaustiva pero sí, espero, indicativa.

Empecemos con una obra de teatro que dio mucho que hablar en su momento, década del cincuenta: *¿Quién le teme a Virginia Wolf*, de Edward Albee. Pone en escena la tradicional figura de un rector pero, y ahí está el punto, ese rector tiene una hija y la hija tiene relaciones con un profesor que el rector no estima. Me lo imagino al rector: muy parecido a los retratos de exrectores norteamericanos que perjudican las paredes de las salas de reunión; saco de tweed, pantalón de franela gris, corbata de moño sobre camisa celeste, bigote entrecano y consistente, y un aire de impenetrabilidad irreductible, tanto para los que golpean a su puerta como para la histeria de la hija a la cual la investidura del padre y su ciencia le importan poco, así como tampoco parece importarle el riesgo de incesto que planea como un pájaro por sobre las irritadas disputas.

De modo, inferimos, que en las Universidades deben existir conflictos que no pasan por los descubrimientos científicos pero también, en otros textos posteriores y en películas, los descubrimientos científicos pueden llegar a matar, además, desde luego, de provocar envidias, resentimientos, intrigas que son materia de narraciones más fantasiosas y divertidas, como es el caso de las novelas con que nos entretiene David Lodge.

Este autor fue muy celebrado porque se tomó

en broma el universo mental de los universitarios, en particular especialistas en ciertos temas incombustibles, tipo Shakespeare, Adam Smith, Dickens y otros miembros de un grupo prometido a la eternidad. Lodge propone, es una hipótesis, tres razones para entender por qué los profesores van a los Congresos. 1. para hacerse escuchar por los 200 o 2000 asistentes, cada uno de los cuales intenta lo mismo; 2. para conseguir un empleo mejor que el que tienen; 3. para ver si tienen suerte y logran internarse en alguna aventurita extramatrimonial. La ciencia, el saber, se convierte, desde luego, en un medio, de carne somos aunque seamos universitarios.

El ámbito universitario empieza a ser requerido por los buscadores de temas interesantes y proliferan las novelas que fantasean con crímenes interaurias, profesores malvados que manejan en secreto la vida de otros, investigaciones que de benéficas devienen letales, como lo muestra el célebre diálogo entre Niels Bohr y Werner Heisenberg en la exitosa *Copenhague*, crímenes nocturnos, tal, *Crímenes imperceptibles*, la inteligente narración de Guillermo Martínez, alumnos astutos que desbaratan oscuras maniobras de profesores taimados, abusos evaluativos, mi propia novela *Evaluador*, y laboratorios que durante la noche trafican con órganos humanos, compras de votos y ámbitos propicios, como se muestra en la novela *Filo*, de Sergio Holguín, para desarrollar actividades guerrilleras o bien, como es el caso de *Amuleto*, la novela del chileno Roberto Bolaño, habitantes clandestinos de los baños de las facultades, sin contar con la fauna de vendedores de baratijas y también, por qué no de drogas.

¿Se podría interpretar, de este interés por lo que ocurre en la Universidad, un propósito desviado, perverso, un intento no confesado de ridiculizar lo que significa la Universidad para la sociedad? Puede ser que sí, puede ser que eso no sea cierto y que lo que ocurre intramuros posea atractivos rasgos, matices tan ricos como los que ofrece cualquier ámbito social y, en consecuencia, tan susceptibles



como cualquier otro, la aviación, la explotación, los viajes, la discriminación, el bajo fondo, la vida rumbosa de la aristocracia, la corrupción política, de hacer volar la imaginación y producir obras si no siempre trascendentales al menos, en muchos casos, entretenidas, incluso, a veces, críticas.

Visa cotidiana

En principio, quienes están en la Universidad parecen estar ahí desde siempre, son como el agua y el aire. Pero no es así, hay sistemas de reclutamiento diferentes para profesores, para estudiantes y para no docentes. El caso de estos últimos es el menos problemático: ocupan sus empleos como podrían hacerlo en cualquier otro lugar, aunque sus competencias pueden ser variadas. Los estudiantes ingresan, a veces a través de exámenes o de cursos preparatorios o por simple solicitud, depende de la estrategia de poblamiento que tengan las respectivas universidades. Lo más complicado se da en el ámbito profesoral. Se diría que hay tres vías de ingreso: el concurso, el contrato, el dedo. Sea como fuere, lo que cuenta son los méritos y, en el caso del concurso, actúan en esa instancia los llamados «pares», que han

ingresado antes mediante el mismo procedimiento. Como los méritos son interpretables, se ha creado la instancia de la impugnación, a veces justificada, a veces sólo producto del rencor por no haberlo ganado. Sea como fuere los rencores que eso produce tienen formas muy diversas, desde el ataque hasta la hipocresía. El contrato es una forma de sortear los inconvenientes del concurso y su celebración depende ya no de los pares sino de las autoridades; a veces no hay más remedio, a veces es una forma de bloquear concursos y el acceso de docentes no estimados intelectual o ética o políticamente. Un problema en verdad. El dedo es interesante pero su acción se bifurca; en la primera dirección puede responder a una política de prestigio, la Universidad se honra en tener a equis en sus planteles; la segunda es el reino de la arbitrariedad. Cuando Spinoza recibió una carta de un Rector de una Universidad, invitándolo a ingresar en ella, la rechazó cortésmente porque dicho Rector le escribía por indicación del príncipe tal o el duque cual, admirador del filósofo pero no porque él personal y espontáneamente habría querido tomar esa iniciativa.

Lo más importante, lo permanente de la vida de la Universidad, es lo que ocurre en



la dupla docentes y estudiantes, aunque en los últimos tiempos los antiguos bedeles, hoy no-docentes, se han incorporado a ese esquema y han alterado un tanto el carácter de bajo continuo que tiene aquella relación. En su forma primitiva, los docentes eran todopoderosos en materia de saber y de prestancia —en Francia los titulares de una cátedra eran llamados «patrón»— y los estudiantes les temían o los reverenciaban o se jactaban de haberlos seguido, eso era un título; las cosas han cambiado beneficiosamente en las últimas décadas de modo tal que ni los profesores son el «summum» del saber ni los estudiantes son sumisas páginas en blanco; al contrario, muchos de ellos, antes aún de haber concurrido a un libro enfrentan a los profesores, los refutan con convicción y, a partir de esa certeza, consiguen, a veces, dirigir la vida académica, el universo de la investigación y el destino de los antiguos dueños de la sabiduría.

Es obvio que la relación profesores-estudiantes es básica y esencial en la Universidad y, en principio, es bien vista y es objeto de pasión cuando no de expectativa de futuro: un buen estudiante puede ser estimado por un buen profesor y eso puede ser un buen dato para más adelante. Pero también tiene aspectos oscuros. Por ejemplo, eso que se ha designado como «acoso sexual», figura que hizo furor hace algunos años, en especial en las universidades norteamericanas y, como es previsible, pasó casi de inmediato a las nuestras. Como práctica, como actitud, debe haber existido siempre, no se puede negar las fáusticas tentaciones en personas de edad, por más que las posea el espíritu de seriedad de la ciencia, profesoras o profesores frente a jóvenes atractivos/atractivas y deslumbrados/deslumbradas. De ahí al manotón hay un solo paso, condenable, por cierto, porque implica un aprovechamiento poco delicado a partir de una posición de superioridad. Es más, el acoso venía ligado a lo académico, a saber si la o el joven oponía resistencia a la mano temblorosa del acosador su promoción corría grandes riesgos. Eso dio mucho que hablar y tuvo consecuencias prácticas: muchos profesores, acusados o sorprendidos en flagrante delito, debieron emigrar, otros

dejaban las puertas de sus cubículos abiertas, por las dudas y, por último, muchos estudiantes encontraron divertido acusar sin razón a profesores antipáticos de modo de, simplemente, hacerles la vida imposible o bien obligarlos a modificar las notas que merecían o les parecían injustas. Sordos rumores de esta situación corrían por los pasillos de modo que muchos docentes, para terminar con ellos, recurrían al único medio idóneo, a la mejor defensa y, aplicándola, ordenaban de paso sus vidas; me refiero al casamiento entre profesores y alumnas, rara vez entre profesoras y alumnos.

Las relaciones interestudiantes tienen múltiples posibilidades. Ante todo, en las grandes ciudades latinoamericanas los estudiantes que vienen del interior del país se suelen alojar en determinadas zonas, en pensiones que les son recomendadas, a veces comparten departamentos, en otros lugares en residencias donde, de cuando en cuando se presentan conflictos debidos a prohibiciones variadas como, ejemplarmente, la de ir a visitar las habitaciones intersexos: como se recuerda, esa veda generó el movimiento conocido como «Mayo del 68», de mayúsculas consecuencias sociales y, acaso, de una vasta producción de hijos. Luego, en otro plano, se agrupan para estudiar y ahí nacen rivalidades de todo tipo, en especial, la vinculada con las citas: se han visto casos de estudiantes que han conseguido determinado libro y que, cuando le es pedido en préstamos, para citarlo a su vez, responden con todo tipo de argumentos para dejar huérfano al que no consiguió el libro salvador. En una etapa posterior, ya hechos al ámbito, se integran, al menos en América Latina, en grupos políticos, la razón de estar en la Universidad cambia radicalmente o, por lo menos, se matiza mucho; muchos descubren, en ese momento, una fuerte vocación pictórica y/o gráfica pero no figurativa sino letrística, siguiendo una importante corriente de la pintura contemporánea que pinta letras. Por fin, logran intervenir en el gobierno de la universidad pero todo eso acaba cuando se reciben y los espera el arduo camino de las decisiones: «lo» estudiante se va alejando y, en ocasiones, la actitud frente a la vida que va tomando forma es muy diferente de la que se tenía durante el período estudiantil.

Conclusión

La Universidad es un potro difícil de domar; en sus recintos hay diversos hábitos, cierta cantidad de corrupción, se le ha metido dentro la política y los vendedores de baratijas y, sobrevolando esas notas, vocaciones de enseñar, vocaciones de aprender, espacio de crítica y termómetro de temas, relaciones que suelen establecerse para toda la vida. Fuera de sus recintos los prejuicios contra ella son numerosos y se expresan con la torpeza que suele ser propia de los prejuicios; además, es una presa codiciada y una película sensible, cada vez que tiene un problema brotan las ideas de abandonarla o de destruirla. Pero la Universidad continúa, no hay, hasta el presente, nada mejor. Defenderla, después de todo, no es una tarea vana. Espero que del relato que acabo de hacer se desprenda esta idea y que se lo vea coherente con lo que me he esforzado por mostrar.

Noé Jitrik es docente de las carreras de posgrado denominadas Maestría en Letras Hispánicas y Doctorado en Letras, de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Mar del Plata.
noelico@hotmail.com

Noé Jitrik

Escritor argentino cuya escritura se despliega en ensayos, poemas, artículos teóricos y novelas. Forma parte del grupo que escribió en la revista *Contorno*, que produjo un giro modernizador en la crítica literaria argentina. Desde 1939 vive en Buenos Aires; entre 1974 y 1987 estuvo exiliado en México y Europa. Profesor e investigador en universidades de la Argentina, México y Francia, actualmente dirige el Instituto de Literatura Hispanoamericana. A las dotes del escritor y el investigador, Jitrik suma las de un auténtico maestro. Como tal, su magisterio ha beneficiado a más de una generación de estudiosos de la literatura argentina y latinoamericana, mediante sus cursos de posgrado y la dirección tesis de doctorado. Su obra es tan vasta que la simple enumeración de sus libros llenaría el espacio aquí disponible. A modo de ejemplo se citan: a) Textos críticos y ensayos: *Leopoldo Lugones. Mito nacional*, 1960; *Esteban Echeverría*, 1967; *Muerte y resurrección de Facundo*, 1968; *El 80 y su mundo*, 1968; *Ensayos y estudios de literatura argentina*, 1971; *La novela futura de Macedonio Fernández*, 1973; *Producción literaria y producción social*, 1975; *Las contradicciones del modernismo*, 1978; *La memoria compartida*, (1982); *Los dos ejes de la cruz*, 1983; *Las armas y las razones*, 1984; *Temas de teoría*, 1987; *El balcón barroco*, 1988; *Historia e imaginación literaria*, 1995; *Los grados de la escritura*, (2000); b) Novelas: *Citas de un día* (1992); *Mares del sur* (1997); *Evaluador* (2002). Actualmente dirige la *Historia crítica de la literatura argentina*, programada en 12 tomos.



Calidad del aire en la ciudad de Mar del Plata

Sara Noemí Mendiara - Mónica Cristina García

Entre los años 2001 y 2003 realizamos mediciones de dióxido de nitrógeno en el aire de la zona de la Estación Terminal de micros. Se utilizó un método analítico. En los meses de diciembre y enero los valores medios detectados fueron considerablemente mayores que los registrados en un barrio periférico de nuestra ciudad, pero no superaron los niveles permitidos por la «Subsecretaría de Políticas Ambientales de la Provincia de Buenos Aires». Estos datos fueron complementados con un análisis del sitio y de las condiciones meteorológicas del período considerado.

Introducción

Realizamos un conjunto de mediciones para investigar la calidad del aire en zonas particulares de nuestra ciudad (Mendiara et al., 2006; Quaranta et al., 2006). Nuestro objetivo fue cuantificar para obtener datos concretos del estado de nuestra atmósfera. Nuestra labor sería, además, una manera de fomentar el interés por desarrollar este tipo de controles. En muchas ciudades estas tareas están muy difundidas y se suelen organizar jornadas de mediciones en las que también participan las escuelas tanto de nivel primario como secundario. Consecuentemente, se investiga una amplia zona lográndose mediciones muy completas. Por otro lado, es importante apreciar que la labor tiene un rol educativo. Actualmente, se prefieren métodos de absorción que se denominan pasivos, los cuales permiten realizar muchas mediciones (Yamada et al., 1999). También se utilizan métodos con sensores electrolíticos y otras técnicas (Bogo et al., 1999).

Particularmente, en este trabajo mostraremos en detalle la medición del dióxido de nitrógeno. Es posible que sea útil a investigadores o docentes de ciudades

donde aún no se realizan este tipo de controles. Nosotros decidimos medir el dióxido de nitrógeno, como indicador de la calidad del aire, debido a que tiene un efecto crítico sobre la salud de la población. Los óxidos de nitrógeno irritan los pulmones y disminuyen la resistencia a las infecciones respiratorias. La toxicidad de los contaminantes atmosféricos es variable, como ejemplo podemos decir que a igualdad de concentración, el dióxido de nitrógeno tiene un efecto más perjudicial que, el monóxido de carbono. Por otro lado, el dióxido de nitrógeno puede transformarse en ácido nítrico contribuyendo a la acidificación del agua y del suelo; este efecto se conoce como lluvia ácida. Los árboles y las cosechas resultan con daños y podemos agregar que a la pérdida de salud se suman las pérdidas económicas.

Análisis del dióxido de nitrógeno

Se utilizó un método *standard* de muestreo y análisis basado en la reacción de Griess-Saltzman, con la cual se mide la concentración de nitrito (C_{nitrito}). Se cumplieron todos los requisitos del Instituto Argentino



de Normalización, norma IRAM 29268. Todos los datos bibliográficos se obtuvieron en la Biblioteca Central de nuestra Universidad. En la norma se encuentran bien detalladas las características del equipo de medición, el desarrollo de la calibración y detalles de la reacción de Griess-Saltzman. Puede observarse en la Figura 1 el equipo que armamos en nuestro laboratorio, siguiendo la norma, y que se transportaba, en el canasto, hasta el lugar de medición. El aire se hacía circular por el equipo absorbente de dióxido de nitrógeno, el cual se colocaba a una altura de 60 cm desde el piso, justamente donde los pasajeros esperaban a los micros, en un banco de la Estación Terminal.

Se utilizó un nebulizador eléctrico común, a pistón, para aspirar el aire. Se controló el flujo con una llave adecuada y se midió el flujo de aire con un medidor manual de burbuja, del tipo de los que comúnmente se utilizan para medir el flujo de gases en los cromatógrafos de gases. El absorbente se cargaba con un dado volumen de reactivo de Griess-Saltzman, ($y=10$ mL); se hacía circular aire durante 60 minutos, con un flujo entre 0.4 a 0.8 L min^{-1} . Como nuestro medidor de flujo (flujómetro) era manual debíamos realizar varias mediciones y ajustes, finalmente se calculaba un valor de flujo promedio, en cada

medición. Por último medimos la cantidad de dióxido de nitrógeno, absorbido como nitrito en un espectrofotómetro en el Departamento de Química.

Llevar a cabo estas mediciones resultó muy trabajoso, ya que solo disponíamos de dos absorbentes y principalmente porque debía cuidarse mucho la limpieza del material. Realizaremos a continuación una descripción resumida de la labor en nuestro laboratorio y del cálculo correspondiente, cumpliendo con todos los pasos de la norma:

- 1- Preparación de las soluciones.
- 2- Construcción de la Curva de Calibración.
- 3- Preparación y control del equipo. Ensayo para el control del flujo.
- 4- Una vez lograda la muestra se mide la absorbancia de una alícuota en el espectrofotómetro y se obtiene la concentración de nitrito (NO_2^-) de la Curva de Calibración.

$$C_{\text{nitrito}} = \frac{x \mu\text{g de NO}_2^-}{\text{mL}}$$

- El volumen de la solución absorbente es y mL, por lo tanto: nitrito (μg) = $y \cdot x$

Figura 1. Equipo de medición



- Se midió el volumen de aire en el intervalo de recolección de la muestra, que fue de 60 minutos.

$$\text{Flujo medio} = \phi. \text{mL/min}$$

$$V = \text{Volumen de aire} = \phi.60.10^{-6} \text{ m}^3$$

- Consecuentemente, pudimos calcular:

$$\text{nitrito. } V^{-1} (\text{mg. m}^{-3}) = \frac{y.x}{\phi.60.10^{-6}}$$

ecuación 1

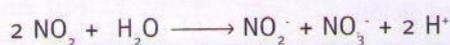
Los resultados se expresan usualmente como la relación de mezcla, la cual muestra la cantidad de dióxido de nitrógeno (NO₂) en relación con la cantidad total de aire que circuló.

Además de la unidad mostrada, mg. m⁻³, suelen utilizarse las siguientes unidades:

---partes por millón (ppm)---μg.g⁻¹---μmol.mol⁻¹ μ a ≡ 10⁻⁶

---partes por billón (ppb)---ng.g⁻¹---nmol.mol⁻¹ ≡ n a 10⁻⁹

El dióxido de nitrógeno reacciona en la solución acuosa que lo absorbe de la siguiente manera:



Teniendo en cuenta que para formar un nitrito (NO₂⁻) se utilizan dos unidades de dióxido de nitrógeno (NO₂), el resultado de la ecuación 1 debe multiplicarse por dos. Por lo tanto se transforma en:

$$\text{NO}_2 . V^{-1} (\mu\text{g. m}^{-3}) = \frac{2.y.x}{\phi.60.10^{-6}}$$

Se calcula el peso de 1 m³ de aire. Durante el período de obtención de la muestra se realizaron varias mediciones de la presión atmosférica (p) y de la temperatura (T), se utilizaron los valores medios correspondientes. W es el peso molecular del aire.

$$\text{Cantidad de aire (g)} = p.V.W / T.R$$

En la ecuación final deben expresarse: la temperatura (T) en unidades de grado Kelvin (K) y la presión (p) en unidades de Pascal (Pa).

Relación de mezcla =

$$\frac{2.y.x}{\phi.60.10^{-6}} \frac{8.314.T}{29.p} \mu\text{g.g}^{-1} =$$

$$\frac{2.y.x}{\phi.60.10^{-6}} \frac{8.314.T}{29.p} \cdot \frac{29}{46} \mu\text{mol.mol}^{-1}$$

Se caracterizó climáticamente el área donde se emplaza Mar del Plata, resaltando su carácter templado con influencia oceánica, sin un verano térmico y con precipitaciones máximas en primavera y otoño (Capitanelli, 1992). Los datos meteorológicos analizados fueron obtenidos simultáneamente con las mediciones de dióxido de nitrógeno (NO₂), con instrumentos propios: barómetro, termómetro e higrómetro. Luego fueron complementados con otros registros horarios, diurnos y mensuales provenientes de la dirección <http://español.underground.com>. La figura 2 sintetiza los resultados.

Resultados

Para una información más detallada es conveniente consultar la bibliografía citada. De todos modos, los resultados se comprenden dado que mostramos lo esencial y en forma comparativa. En nuestro país la «Subsecretaría de Políticas Ambientales de la Provincia de Buenos Aires» (decreto 3395/96, Ley 5965, modificada por la resolución 242/97) ha fijado como límite la concentración media anual en el aire, expresada como dióxido de nitrógeno, en 100 μg m⁻³ a 298.13 K (25°C) y 1 atm o en 53 ppb (nmol.mol⁻¹).

En la Tabla 1 se muestran algunas de nuestras mediciones, en las distintas unidades en uso. En un lugar periférico de la ciudad, prácticamente lindando ya con el campo, se realizaron las mediciones «blanco», obteniéndose un valor de 2.5 ppb (nmol.mol⁻¹). En la Estación de micros, en enero de 2003, en el lugar de espera de los micros o sea en la peor situación se obtuvo una media de 27 ppb y en diciembre de 2002 la media fue de 17 ppb.



Tabla 1. Mediciones de dióxido de nitrógeno. Estación Terminal de micros. Enero, 2003*

Fecha	Nitrato, NO ₃ ⁻ µg.m ⁻³	NO ₂ µg.m ⁻³	NO ₂ ppb (µg.g ⁻¹)	NO ₂ ppb (nmol.mol ⁻¹)
7, martes	18.5	37	31	19
15, miércoles	30.8	62	52	33
23, jueves	15.6	31	26	16
31, viernes	37.3	75	64	40

*El resultado de las mediciones "blanco" realizadas en un barrio periférico fue: 2.5 ppb.

La relación media permitida de NO₂ es 100 µg m⁻³.

La relación media permitida es 53 ppb (nmol mol⁻¹).

La relación media en enero fue 27 ppb (nmol mol⁻¹).

Comenzamos nuestras mediciones hacia diciembre de 1999 pero recién logramos mediciones confiables en diciembre de 2001 y mediciones organizadas en diciembre de 2002 y enero de 2003.

A los efectos de este artículo y a modo de ejemplo, se presentan los resultados correspondientes a enero de 2003, Figura 2. La temperatura media de dicho mes fue de alrededor de los 23°C, con once días por encima de los 30°C y un máximo registrado el 30 de enero con 35°C. La humedad relativa osciló entre 30 % y 70 %, aunque hubo diecisiete días con valores de humedad ambiente por encima del 90%. La presión atmosférica media fue de 1010 hPa, con un

máximo de 1017 hPa, en los días 18 y 28 y un mínimo de 1001 hPa en el día 31. Los vientos alcanzaron una velocidad media de 23 kilómetros horarios, con un mínimo de 7.4 y un máximo de 44.4 km/h. Los vientos dominantes a lo largo del mes, fueron del norte (N), oeste (W) y sudoeste (SW), todos de área continental. También se registraron brisas marinas provenientes del noreste (NE), este (E) y sudeste (SE).

Para mayores detalles sobre el comportamiento de los parámetros meteorológicos en los días de mediciones, consultar la bibliografía citada.

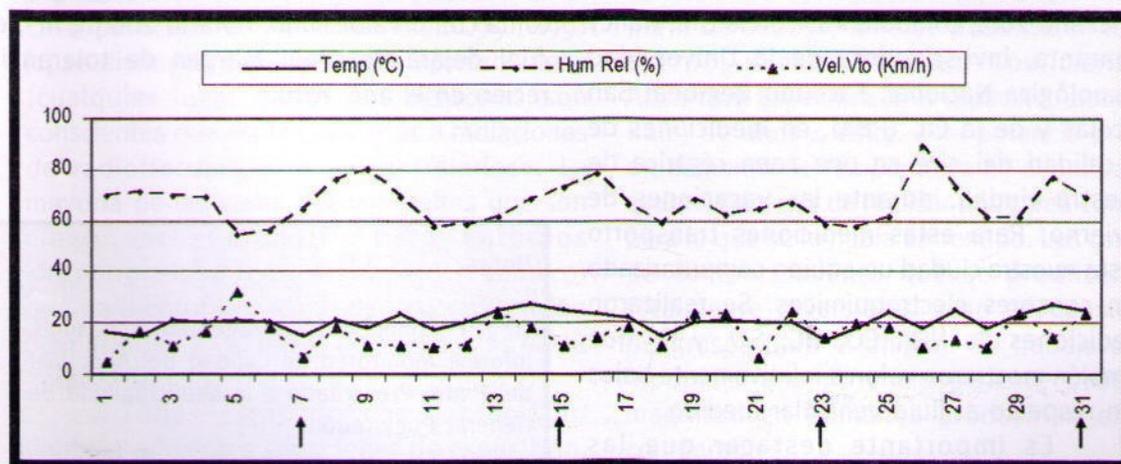


Figura 2. Valores medios diarios de parámetros meteorológicos durante enero de 2003. Las flechas identifican a los días en los cuales se efectuaron las mediciones que se muestran en la Tabla 1.



Conclusiones

De nuestro estudio fue posible concluir que la calidad del aire, en el área donde los pasajeros esperan a los micros, en la Estación Terminal de la ciudad de Mar del Plata, es buena. A pesar del flujo vehicular, las características geográficas y la habitual presencia de vientos favorecen a nuestra ciudad. De todos modos los máximos niveles de dióxido de nitrógeno se detectaron en días con mayor densidad vehicular.

En el año 2004 colaboramos con la Dra. Nancy Quaranta, investigadora de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás y de la CIC (PBA), en mediciones de la calidad del aire en una zona céntrica de nuestra ciudad, durante las vacaciones de invierno. Para estas mediciones transportó hasta nuestra ciudad un equipo computarizado con sensores electroquímicos. Se realizaron mediciones de NO_x , CO , HC , SO_2 y O_3 que también mostraron valores relativamente bajos con respecto al flujo vehicular medido.

Es importante destacar que las mediciones que hemos efectuado en 2002 y 2003 complementan las realizadas en el 2004 y a las realizadas por la Municipalidad de

General Pueyrredon en febrero de 1998 en la intersección de las avenidas Independencia y Luro (1) y las realizadas en abril de 2005 en estaciones de OSSE en Parque Camet y en la zona Puerto de Mar del Plata (2).

Finalmente, consideramos importante mostrar los valores límites para el contaminante estudiado, el dióxido de nitrógeno, en ciudades europeas, por ejemplo en Madrid. Por un Real Decreto 1073/2002 se toma como valor límite horario $200 \mu\text{g m}^{-3}$, el cual dejará de tener margen de tolerancia recién en el año 2010.

Notas

(1) YPF- Commissioning Argentina S. A. 1998. Informe Monitoreo de Calidad del Aire. Mar del Plata. Presentado a la Municipalidad de General Pueyrredón.

(2) Consultora Ambiental El Ceibo. 2005. Informe 305. OSSE Mar del Plata, Obras Sanitarias, Mar del Plata.

Agradecimientos

Agradecemos a Katunar, M. R. y a Mansilla, A. Y., en ese momento estudiantes, quienes colaboraron en algunas de nuestras mediciones.

Agradecemos a los empleados y autoridades de la Empresa de Transportes «El Cóndor» por permitirnos usar su electricidad y por su amabilidad.

Deseamos agradecer a nuestros colegas, docentes e investigadores y estudiantes, quienes colaboraron desinteresadamente en las mediciones del flujo vehicular:

Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: Desimone, M. P.; Gende, L. B.; Quiroga S. L.; Saiz, Ivonne A.; Sagedahl, A. y Schroeder, W. F.

Departamento de Geografía de la Facultad de Humanidades: Diez Tetamanti, J. M.; Mondini, R.; Rimondi, M. M.; Veneziano, M. F.; Tassara, D. y Yeannes, A. C.

Agradecemos, también, a la Ingeniera Alejandra Viadas de la Municipalidad de General Pueyrredón.

Sara N. Mendiara es Doctora en Ciencias Químicas, docente e investigadora del Departamento de Química de la Facultad de ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata.
e-mail: mendiara@mdp.edu.ar

Mónica C. García es Licenciada en Geografía y Magister Scientiae en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano, docente e investigadora del Departamento de Geografía de la Facultad de Humanidades de la Universidad de Mar del Plata.
e-mail: mcgarcia@mdp.edu.ar

Bibliografía

Bogo, H., Negri, R. M. and San Román, E. 1999, 'Continuous measurement of gaseous pollutants in Buenos Aires city', *Atmos. Environ.* 33, 2587-2598.

Capitanelli, R. 1992. «Los ambientes naturales del territorio argentino», in: J. A. Roccatagliata, (Eds.), *La Argentina: geografía general y los marcos regionales*, 2ª edición., Editorial Sudamericana, Buenos Aires.

Mendiara S. N., Sagedahl A., García M. C. and Quaranta, N. 2006. «NO₂ measurements at the Bus Station Area in a Big Tourist City in Argentina», *AIR POLLUTION XIV*, Edited by J. W. S. Longhurst, University of the West England, UK and C. A. Brebbia, Wessex Institute of Technology, UK. Series, WIT Transactions on Ecology and the Environment. 86, 251-261.

Quaranta N., Unsen M., Caligaris M., Ringler S., Mendiara S. and García M., 2006.

«Air quality in a tourist seashore city during vacation». *URBAN TRANSPORT XII: Urban Transport and the Environment in the 21st Century*». WIT Transactions on the Built Environment, WIT Press. 89, 615-621.

Yamada, E., Kimura, M., Tomozawa, K. and Fuse, Y. 1999, 'Simple analysis of atmospheric NO₂, SO₂ and O₃ in mountains by using passive samplers', *Environ. Sci. Technol.* 33, 4141-4145.

Las radiaciones electromagnéticas y sus efectos en el cuerpo humano

Miguel A. Revuelta, Juana G. Fernández, Roberto M. Hidalgo,
Raúl R. Rivera, Walter A. Gemin

El desarrollo tecnológico ha causado una exposición cada vez mayor de los seres humanos a radiaciones electromagnéticas de diverso tipo, que pueden clasificarse de acuerdo con su fuente de generación, frecuencia y potencia de operación. En este artículo se presentan aspectos relacionados con la exposición a estas radiaciones, provenientes principalmente de antenas de comunicaciones que se encuentran diseminadas por toda la ciudad. Se evalúan los efectos nocivos que producen las ondas electromagnéticas y los valores límites de radiación. Se discuten las determinaciones analíticas de los niveles de radiación, normas y guías de exposición de radiofrecuencia y el marco legal que reglamenta su utilización en nuestro país. No se hará referencia a la exposición adicional voluntaria que surge del uso personal de aparatos que emiten radiaciones, por ejemplo: teléfonos móviles celulares, teléfonos inalámbricos, radios portátiles de dos vías, etc.

Qué es la radiación electromagnética

La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro. A diferencia de otros tipos de onda, como el sonido, que necesitan un medio material para propagarse, la radiación electromagnética se puede propagar en el vacío. Los rayos X, las ondas de radio, los rayos gamma, los rayos infrarrojos y la luz visible son los tipos más importantes de radiación electromagnética. Las radiaciones ordenadas de acuerdo con su longitud de onda (λ) conforman el espectro electromagnético, el cual se esquematiza en la Figura 1. La longitud de onda de una onda

electromagnética (λ) está relacionada con su frecuencia (f) y su velocidad de propagación (v) según:

$$\lambda = v / f. \quad (1)$$

En el espacio libre, v es igual a la velocidad de la luz (aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s).

El ser humano se encuentra expuesto principalmente a las radiaciones tanto de alta como de baja frecuencia. En el primer caso son las provenientes de las antenas de telefonía celular y de las emisoras de radiodifusión (AM, FM y TV), mientras que el segundo corresponde a la red eléctrica domiciliaria. En este artículo se analizan estos casos particulares.

Radiaciones ionizantes y no ionizantes

La ionización es el proceso por el cual se producen iones, que son átomos o moléculas cargadas eléctricamente debido al exceso o falta de electrones. Si la energía transportada por la onda electromagnética generada es suficiente para producir un ión, la radiación resultante se denomina ionizante. Como se observa en la Figura 1, las radiaciones ionizantes corresponden a la porción de alta frecuencia del espectro electromagnético.

Es bien conocido el uso medicinal de los rayos X y otros tipos de radiaciones de alta energía y también los efectos dañinos en exposiciones no controladas. Cabe señalar que es muy difícil encontrarse expuesto a este tipo de radiaciones, dado que normalmente estas

fuentes se encuentran confinadas y su uso está estrictamente reglamentado y controlado.

La zona del espectro electromagnético de menor frecuencia se la denomina región de Radiaciones No Ionizantes (RNI). A esta región pertenecen las emisiones de todo tipo de energía electromagnética como las utilizadas en comunicaciones inalámbricas, estaciones de radio de AM, FM y TV, radar, telefonía celular, microondas, sistemas de láser y radiaciones infrarrojas. Estas son las radiaciones a las que habitualmente estamos expuestos involuntariamente porque forman parte de las condiciones ambientales en las que se desarrolla nuestra vida. Usualmente estamos irradiados por vivir o transitar en las inmediaciones de los mástiles donde están montadas las antenas transmisoras. En la

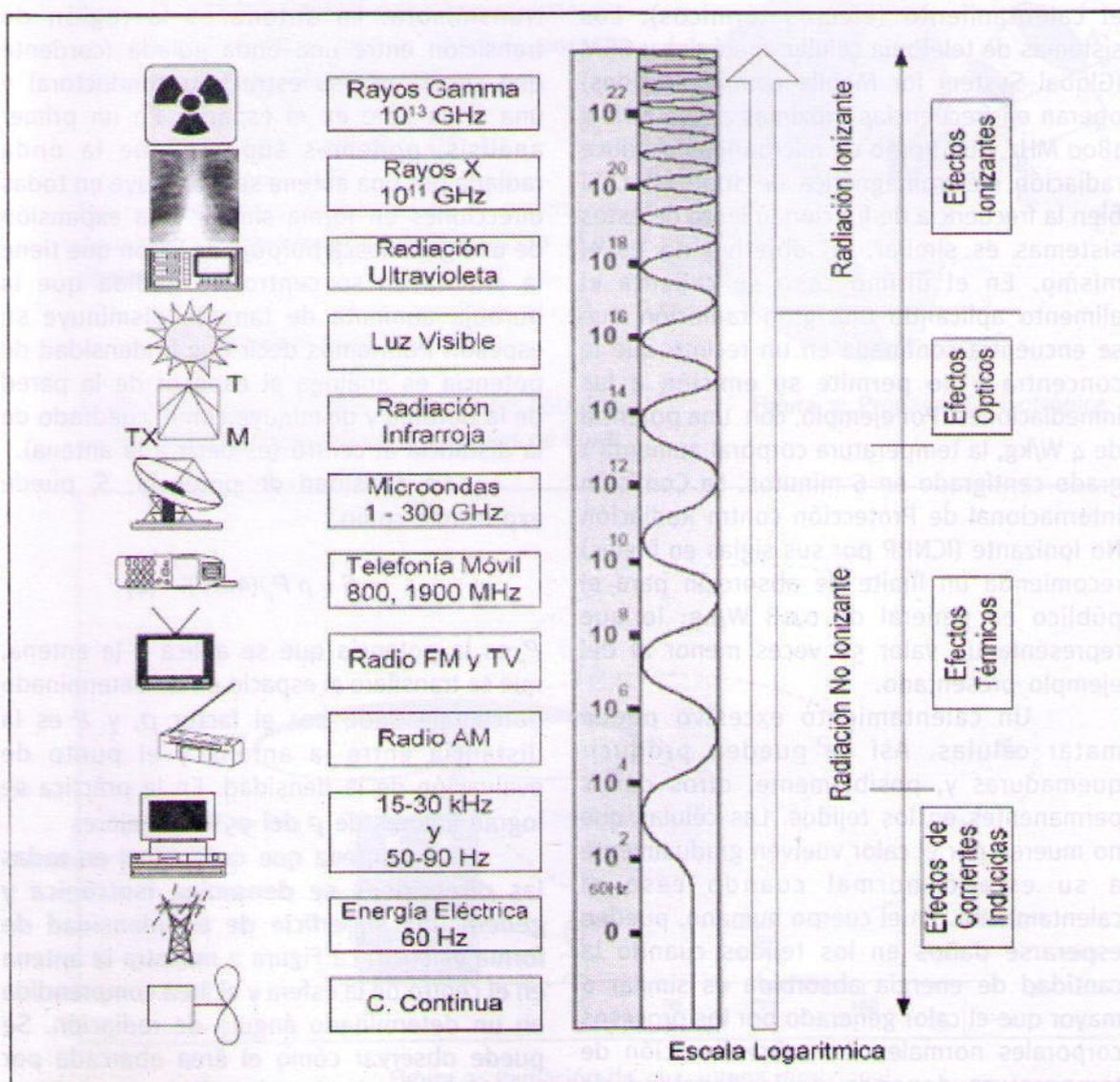


Figura 1: Espectro electromagnético

mayoría de los casos son las estaciones base de telefonía móvil, radio, TV y automóviles de alquiler. La suma de todos los niveles de potencia de todas las señales a las que estamos expuestos, denominada inmisión, debe ser menor a un valor máximo (trataremos esto más adelante).

Este tema produce en la actualidad fuertes controversias y existen diversos estudios que tratan de relacionar, mediante evidencia estadística, la aparición de enfermedades con la presencia de altas densidades de radiaciones no ionizantes.

Efectos de la radiación no ionizante

El principal efecto de las emisiones de radio y microondas (o sobre el cuál se han realizado un mayor número de estudios) es el calentamiento (efectos térmicos). Los sistemas de telefonía celular analógica y GSM (Global System for Mobile communications) operan en frecuencias próximas a 900 MHz y 1800 MHz y un horno de microondas produce radiación electromagnética de 1000 MHz. Si bien la frecuencia de funcionamiento de estos sistemas es similar, su objetivo no es el mismo. En el último caso se calienta el alimento aplicando una gran radiación que se encuentra confinada en un recinto que la concentra y no permite su emisión a las inmediaciones. Por ejemplo, con una potencia de 4 W/kg, la temperatura corporal aumenta 1 grado centígrado en 6 minutos. La Comisión Internacional de Protección contra Radiación No Ionizante (ICNRP por sus siglas en inglés) recomienda un límite de absorción para el público en general de 0,08 W/kg; lo que representa un valor 50 veces menor al del ejemplo presentado.

Un calentamiento excesivo puede matar células. Así se pueden producir quemaduras y, posiblemente, otros daños permanentes en los tejidos. Las células que no mueren por el calor vuelven gradualmente a su estado normal cuando cesa el calentamiento. En el cuerpo humano, pueden esperarse daños en los tejidos cuando la cantidad de energía absorbida es similar o mayor que el calor generado por los procesos corporales normales. La sobre-elevación de temperatura depende de la densidad de

potencia incidente, del tiempo de exposición y de los medios de disipación intrínsecos del cuerpo humano. La irrigación sanguínea es uno de estos medios de disipación, por lo que aquellos sectores del cuerpo humano con baja densidad de irrigación sufren una mayor sobre-elevación de temperatura, produciéndose puntos calientes. Un ejemplo de baja irrigación es el sistema ocular, específicamente la córnea y el cristalino por lo que, a igual densidad de potencia absorbida, se verán más afectados que el resto de los órganos del cuerpo.

Propagación de ondas electromagnéticas

El dispositivo que transfiere al espacio la energía electromagnética utilizada en radiocomunicaciones se denomina antena transmisora. La antena es la región de transición entre una onda guiada (corriente que circula por su estructura conductora) y una onda libre en el espacio. En un primer análisis, podemos suponer que la onda radiada por una antena se distribuye en todas direcciones en forma similar a la expansión de una gigantesca burbuja de jabón que tiene la antena en su centro. A medida que la burbuja aumenta de tamaño disminuye su espesor. Podríamos decir que la densidad de potencia es análoga al espesor de la pared de la burbuja y disminuye con el cuadrado de la distancia al centro (es decir a la antena).

La densidad de potencia, S , puede expresarse como

$$S = \rho P_t / (4\pi R^2). \quad (2)$$

P_t es la potencia que se aplica a la antena, que se transfiere al espacio en un determinado porcentaje dado por el factor ρ , y R es la distancia entre la antena y el punto de evaluación de la densidad. En la práctica se logran valores de ρ del 95% o mejores

Una antena que radia igual en todas las direcciones se denomina isotrópica y genera una superficie de equidensidad de forma esférica. La Figura 2 muestra la antena en el centro de la esfera y el área comprendida en un determinado ángulo de radiación. Se puede observar cómo el área abarcada por un determinado ángulo sólido aumenta a



medida que la onda se aleja de la antena ($A_n = 4\pi R_n^2$), lo que provoca la disminución de la densidad de potencia ($S_n = P_t / A_n$).

En las antenas prácticas, generalmente se busca favorecer la irradiación en alguna dirección particular; lo que equivale a multiplicar el término P_t por un número mayor que uno. A ese factor se lo denomina ganancia de antena (G_a) y es válido sólo en la dirección considerada. La antena práctica más elemental es el dipolo de media onda, que presenta una superficie de equidensidad más parecida a una gran rosca, que a una esfera. La radiación es mayor en las direcciones perpendiculares al eje de la antena como se muestra en la Figura 3. A esta antena elemental se la denomina direccional y tiene una ganancia de 1,64 veces respecto de la denominada isotrópica.

Se define entonces la Potencia Radiada Aparente (PRA) como el producto de la potencia emitida por la antena, por su ganancia en una dirección dada.

$$PRA = \rho \cdot P_t \cdot G_a \quad (3)$$

Por lo tanto, para cualquier tipo de antena, la densidad de potencia a una distancia R se obtiene:

$$S = PRA / (4 \cdot \pi \cdot R^2) \quad (4)$$

En la Figura 3 se pueden observar los lóbulos de radiación que describen los puntos de igual

densidad de potencia S_n , resultando $S_1 > S_2 > S_3$. Debido a la forma del lóbulo de propagación, la densidad de potencia a la cual están expuestos los individuos de la Figura 3, resulta superior para el que esta a 75 m que para el situado a 25 m. Esto ocurre porque no se encuentran alineados con la dirección de máxima propagación.

La Figura 4 muestra el resultado del promedio de niveles de densidad de potencia, medidos en inmediaciones de 17 edificios con instalaciones de estaciones base de telefonía celular. Las mediciones se efectuaron en aproximadamente 200 lugares públicos. Se puede observar que en los primeros 75 metros, S registra un aumento, y luego disminuye con el cuadrado de la distancia a

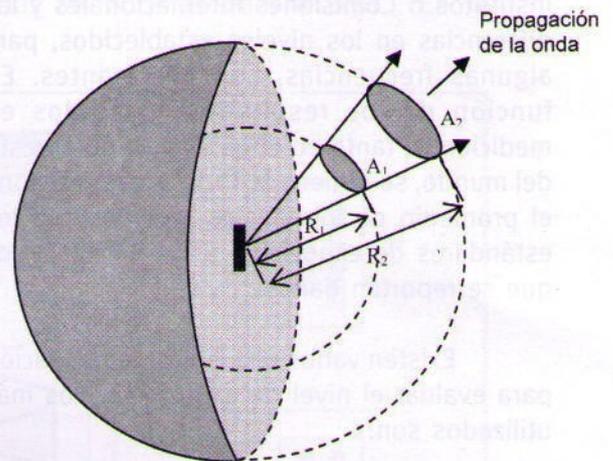


Figura 2: Propagación isotrópica

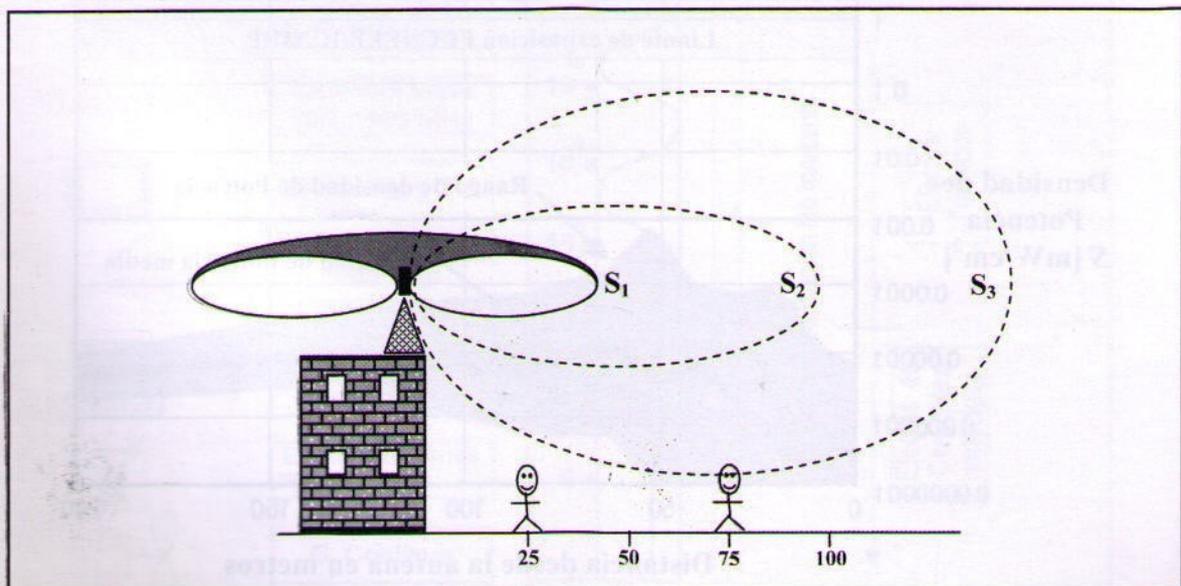


Figura 3: Radiación de una antena direccional

la antena. No obstante, en todo momento los niveles de potencia se mantienen alejados del límite de exposición permitido.

Valores límites de exposición a la radiación no ionizante

Los niveles de seguridad de exposición a las RNI están reglamentados en todo el mundo de manera similar y se dan en densidad de potencia. Ésta se mide en unidades de potencia (mW) por unidad de superficie (cm²). En la Tabla 1 se muestran estos niveles de potencia a diferente rango de frecuencias (f). Los estándares de exposición pública a las radiaciones no ionizantes son comparables para todos los Institutos o Comisiones Internacionales y las diferencias en los niveles establecidos, para algunas frecuencias, son irrelevantes. En función de los resultados obtenidos en mediciones, tanto en el país como en el resto del mundo, se obtiene la Tabla 2 que relaciona el promedio de los niveles medidos con los estándares de exposición y los niveles a los que se reportan daños.

Existen varios esquemas de regulación para evaluar el nivel de exposición. Los más utilizados son:

- Método Predictivo: basado en el cálculo teórico de las radiaciones no ionizantes producidas, como paso previo a efectuar mediciones específicas.
- Método de Medición: basado en el desarrollo práctico de un protocolo de medición, con instrumental y sondas adecuadas, que dan una magnitud precisa de las radiaciones no ionizantes producidas.

Hay consenso en emplear el método predictivo en los casos simples, para evitar mediciones y gastos innecesarios, ya que con ayuda de cálculos teóricos se puede determinar si las radiaciones no ionizantes están por debajo de niveles predefinidos como seguros. Por otra parte, existen casos donde la complejidad de las emisiones y el crecimiento del número de fuentes de radiofrecuencias dificultan el cálculo teórico, por lo que el único método posible para garantizar la no superación de límites predefinidos es realizar mediciones según un protocolo específico.

Generalmente, la aplicación de uno u otro método debe ser objeto de estudios particulares y dependen de:

- Los tipos de fuentes de radiofrecuencias.

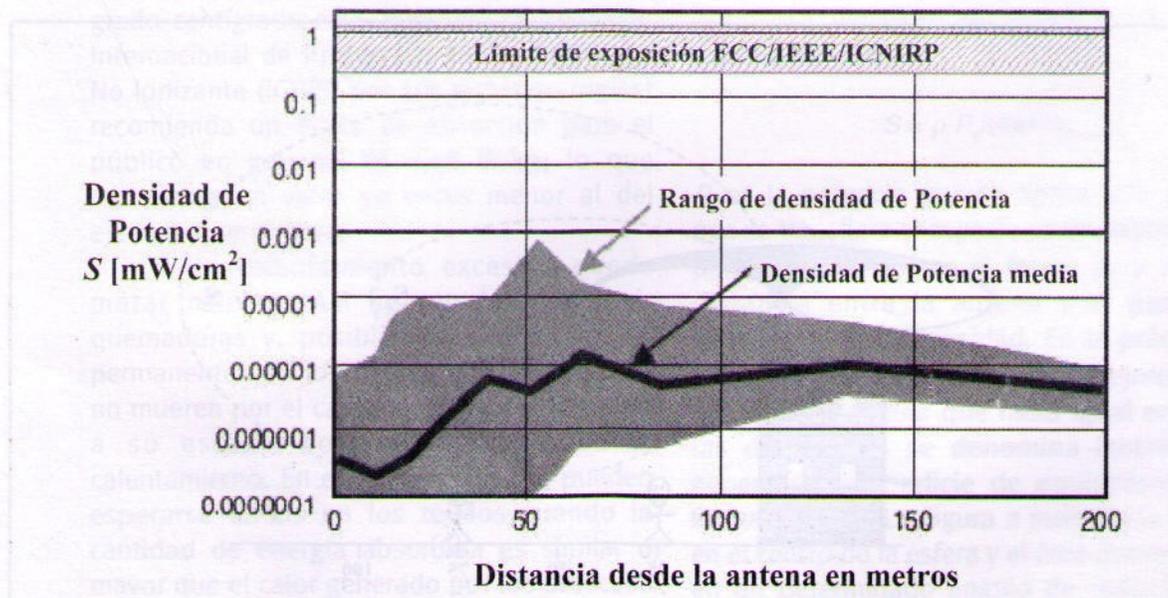


Figura 4: Gráfico de potencia promedio en función de la distancia

- La densidad de las fuentes intervinientes y su emplazamiento en el ámbito de medición.
- La potencia y las bandas de frecuencia de las fuentes intervinientes.
- La definición política en el esquema de regulación.

Regiones de campo lejano y cercano

La aplicación del modelo de onda plana para la evaluación a la exposición es aceptable si el punto de análisis se encuentra dentro de lo que se denomina el Campo Lejano. Para el estudio del campo electromagnético irradiado por una antena se

establecen dos regiones bien definidas que son las siguientes.

Región de Campo Lejano: en esta zona la distribución angular del campo electromagnético es esencialmente independiente de la distancia a la antena, y su comportamiento es predominantemente del tipo de onda plana.

Región de Campo Cercano: zona que se encuentra adyacente a una antena, en la que los campos no tienen la forma de una onda plana.

Para evaluar en qué región se encuentra un punto en estudio, es necesario comparar su distancia a la antena respecto de la longitud de onda de la radiación. La región de Campo Cercano se extiende desde

Rango de Frecuencias (f) en MHz	Densidad de Potencia equivalente de onda plana (S) en mW/cm^2
0,3 – 1	20
1 – 10	$20 / f^2$
10 – 400	0,2
400 – 2.000	$f / 2000$
2.000 - 100.000	1

Tabla 1: Valores límites de exposición a la RNI

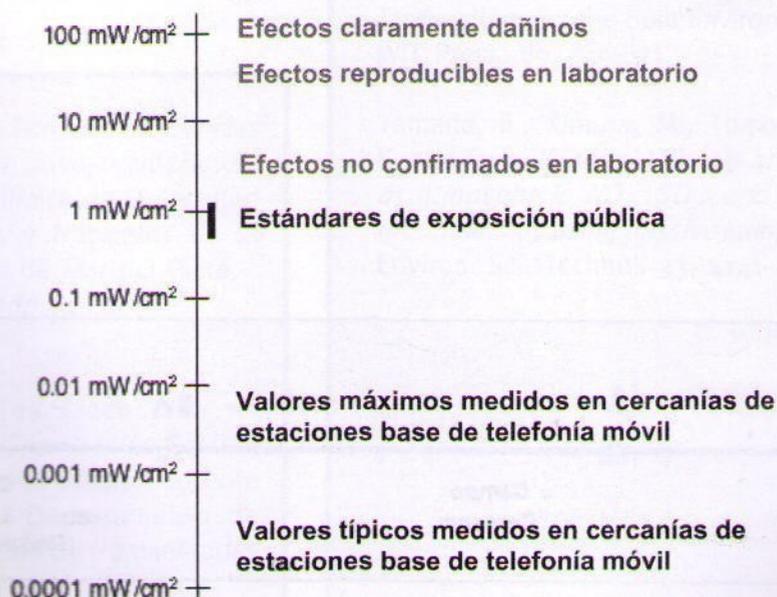


Tabla 2: Niveles de exposición y sus efectos

la antena hasta una distancia igual a 3λ , más allá de la cual se ubica la región de Campo Lejano donde se aplica el modelo de onda plana, como se esquematiza en la Figura 5. La Tabla 3 muestra los valores de frecuencia, longitud de onda y campo lejano para distintos tipos de señales.

En el caso de los Campos Cercanos los niveles de seguridad de exposición, son diferentes. También son contemplados en la reglamentación vigente, pero en este caso están expresados en valor de Campo Eléctrico (E) en V/m (Voltio/metro) y Campo Magnético (H) en A/m (Ampere/metro).

A la frecuencia de 50 Hz (red eléctrica) la longitud de onda es $\lambda = 6000$ km, por lo que resulta evidente que todas las distancias se encuentran en el Campo Cercano; entonces se deben verificar los valores de E y H. Los

campos eléctricos pueden producir fuerzas en moléculas y en estructuras celulares que originan movimientos o deformaciones y los campos magnéticos a su vez inducen campos eléctricos en el interior del cuerpo.

El nivel de seguridad de exposición al Campo Eléctrico, para 50 Hz es de 275 V/m. Se ha determinado que dentro de las viviendas E puede adoptar un valor máximo puntual de 200 V/m (a pocos centímetros de determinados electrodomésticos), y de hasta 2 V/m en casi cualquier otra parte de una habitación. Los valores de H, que normalmente se encuentran en los domicilios, pueden inducir corrientes dentro del cuerpo humano que son, en general, mucho más pequeñas que las corrientes inducidas de forma natural por el funcionamiento de los nervios y músculos.

Por lo tanto, se pueden descartar casos peligrosos de exposición a campos por parte de la población en general en su vivienda o en el ámbito laboral salvo ciertas actividades laborales muy específicas relacionadas con el manejo de altas tensiones o corrientes.

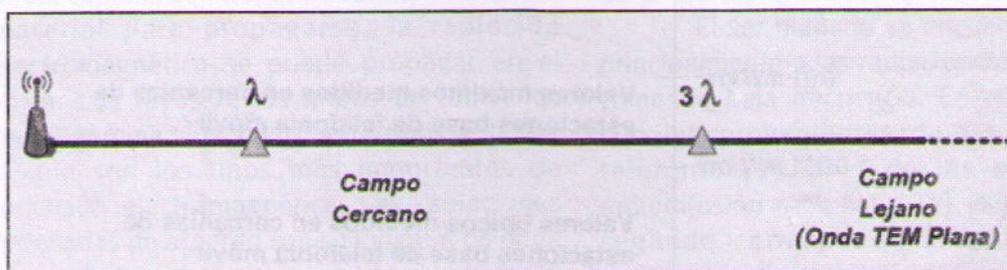


Figura 5: Relación entre campo cercano y lejano

Tipo de Señal	Frecuencia (f)	Longitud de onda (λ)	Campo lejano (3λ)
Microondas	> 1.0 GHz	< 30 cm	> 90 cm
Ultra Alta Frecuencia Radio	> 300 MHz	< 1 m	> 3 m
Muy Alta Frecuencia Radio	> 30 MHz	< 10 m	> 30 m
Onda Corta Radio	> 1.7 MHz	< 180 m	> 540 m
Onda Media (AM) Radio	> 650 kHz	< 650 m	> 1950 m

Tabla 3: Relación entre los tipos de señal y su campo lejano

Normas y guías de exposición de radiofrecuencia

Varias organizaciones han definido límites para la exposición humana a los campos de RF (Radio Frecuencia). Entre ellas están distintos institutos y comisiones tales como el IEEE [1], el NCRP [2] y la ICNIRP [3]

Además, existen también varias regulaciones gubernamentales que están generalmente basadas en las guías y normas citadas. Estas guías definen valores ligeramente distintos entre ellas y tienen otras peculiaridades, pero a las frecuencias usadas por la mayoría de dispositivos de comunicación de RF todas son similares.

La mayoría de las recomendaciones especifican dos conjuntos de límites, para exposición ocupacional y del público. En el caso particular de la norma IEEE-C95.1-1991 [1] se distingue entre entornos «controlados» (cualquier lugar donde las personas son conscientes que están sometidas a radiaciones de radiofrecuencia) e «incontrolados». La mayoría de las guías definen límites que son cinco veces menores para entornos «incontrolados» (exposición para el público) que para entornos «controlados» (exposición ocupacional) en el rango de frecuencias hasta 3000 MHz.

Todas estas normas contemplan también diferentes situaciones de exposición. Entre ellas se distingue la exposición de todo el cuerpo o la de una región (esta es la más relevante para los dispositivos de

comunicación de radiofrecuencia). También se especifican tiempos de promediado que varían de 6 a 30 minutos (esto significa que exposiciones accidentales de duración menor que el tiempo de promediado pueden tener un valor mayor que el límite). Estas guías de exposición han sido elaboradas por comisiones de especialistas, que se basaron en numerosos estudios. Las normas fueron aprobadas sólo después de un largo proceso de revisión por diversas partes interesadas, incluyendo el público en muchos casos.

La mayoría de los comités llegó a la conclusión de que el efecto más reproducible con exposiciones bajas es la modificación del comportamiento en animales de laboratorio entrenados. Este efecto, esto se ha observado en varias especies animales, bajo diferentes condiciones de exposición, y se manifiesta a partir de deposiciones de potencia en todo el cuerpo, expresada como Coeficiente de Absorción Específica SAR (Specific Absorption Rate) de unos 4 W/kg. Esta potencia provoca un aumento de temperatura en el animal y lo estimula a dejar de realizar una tarea compleja para la que se lo había entrenado. Los cambios de comportamiento que se producen son totalmente reversibles y no se consideran peligrosos para el animal. Se trabaja con la hipótesis que potencia de este orden de magnitud en humanos producirían efectos comparables.

Marco legal en nuestro país

En nuestro país, las magnitudes de las radiaciones no ionizantes han sido definidas por el Ministerio de Salud Pública a través de la Resolución N° 202 MSyAS/95 y por la Secretaría de Comunicaciones en la Resolución N° 530 SC/2000. En esta última se establece la obligatoriedad de cumplir con los valores tolerables para los sistemas de telecomunicaciones irradiantes establecidos por la mencionada resolución del Ministerio de Salud.

Desde el año 1996 existe la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC). Se trata de un organismo descentralizado de la Secretaría de Comunicaciones de la Nación y, entre otras, su función es la de ejercer el poder de policía del Espectro Radioeléctrico. Este organismo, a través de las Resoluciones N° 269 CNC/2002, 117 CNC/2003 y otras, ha establecido el marco general de control de las radiaciones no ionizante que provocan la actividad de estaciones radioeléctricas.

Cálculo de la densidad de potencia

Caso telefonía celular

Supóngase una estación base de telefonía móvil operando en el rango de frecuencias cercano a 1900 MHz. En el lugar se encuentra instalado un conjunto de 24 antenas, donde cada una tiene una ganancia direccional de 10 veces respecto del dipolo de media onda y está alimentada por un transmisor de 30 W. Existe, además, un conjunto de inevitables elementos de interconexión que introducen una reducción del 95% en la potencia irradiada ($p = 0,95$). Para cada antena se tiene, a partir de la ecuación (3), una PRA de 285 W. Normalmente las antenas se agrupan para iluminar sectores de 120 grados, por lo que en cualquier dirección se puede suponer una PRA total debida al aporte de 8 antenas, obteniendo $PRA_{sector} = 2280$ W.

El límite de seguridad establecido por las disposiciones vigentes para 1900MHz, es $S_{máx} = 0,95$ mW/cm². En el ejemplo, la PRA_{sector} origina una densidad de potencia a 10 metros de:

$$S = 2280 \text{ W} / (4 \cdot p \cdot 10^2) = 0,181 \text{ mW/cm}^2$$

Se verifica que a una distancia mayor a 4,5 m, S permanece por debajo del valor máximo admisible.

En el caso de una instalación base de telefonía móvil, situada en la terraza de un edificio, si se cumplen con las regulaciones que obligan a restringir el acceso público a estos sitios (por ejemplo con un cerco que rodee el lugar a 10 metros de las antenas) se puede afirmar que no existirá una densidad de potencia peligrosa en los lugares de circulación pública.

Caso estación transmisora de FM

Supóngase ahora una estación de radio de FM que opera en 150 MHz y emite con una potencia de 2000 W. Su antena emisora tiene una ganancia de 6,5 veces respecto del dipolo de media onda. En estas estaciones de radio, las antenas suelen estar montadas en mástiles de gran altura para tener una buena cobertura.

Para este caso (rango de frecuencia de 10 a 400 MHz) el valor máximo permisible de RNI es $S_{máx} = 0,2$ mW/cm². Mediante el procedimiento analítico establecido, se calcula la distancia a la cuál esta estación origina el valor de densidad máximo permitido que resulta ser $R = 23$ m, lo que implica una zona segura aquella a una distancia mayor a este valor.

Estas determinaciones analíticas no reemplazan la medición del verdadero valor de densidad de potencia, pero permiten anticipar si se trata de una situación riesgosa o no.

A todos aquellos que quieran consultar u obtener copia de las resoluciones vigentes, les sugerimos visitar la página de la Comisión Nacional de Comunicaciones, www.cnc.gov.ar. Dentro de la página de inicio, seleccionar la opción: *Espectro Radioeléctrico* y luego el submenú: *Radiaciones No Ionizantes*.

Conclusiones

Por lo expuesto, es muy difícil que vivamos o trabajemos en lugares donde la suma de densidades nos acerque a los límites máximos de exposición poblacional permitidos. De todas maneras, para algunos lugares específicos deberían efectuarse las mediciones correspondientes. Esta presunción está contemplada en la legislación vigente que define la obligatoriedad de las mediciones y sus excepciones tanto para los casos de solicitud de nuevas instalaciones como para las preexistentes.

Referencias

- [1] IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers
- [2] NCRP: National Council On Radiation Protection
- [3] ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

Bibliografía

Kraus J.D. «Electromagnetismo»
 Terman F.E. «Ingeniería Electrónica y de Radio»
Oficina Internacional del Trabajo»Protection of Workers from Power Frequency Electric and Magnetic Fields»
 Andrieu J.M. «Apunte Radiofísica Sanitaria»
 IEEE Spectrum – Agosto 2000 – Septiembre 2000 – Noviembre 2000
www.cnc.gov.ar
www.fda.gov
<http://www.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phone-health-FAQ/toc.html#14C>

Autores:

Miguel A. Revuelta es Ingeniero Electrónico, con una Especialización en Seguridad e Higiene en el Trabajo. Se desempeña como Profesor Adjunto en las asignaturas Sistemas Digitales y Diseño Digital con Microcontroladores, desde 1994 se desempeñó como investigador en el área de Comunicaciones, del Laboratorio de Alta Frecuencia y desde 2006 en las áreas Diseño con Microcontroladores e Interfases Inalámbricas, del Laboratorio de Procesamiento y Mediciones de Señales - Departamento de Ingeniería Electrónica. -mrevuelta@fi.mdp.edu.ar

Juana G. Fernández es Doctora en Ingeniería Especialidad Electrónica. Se desempeña como Profesora Adjunta en las asignaturas Procesamiento Digital de Señales y Mediciones Electrónicas, de la Facultad de Ingeniería de la UNMdP. Desde 1988 se desempeña como investigadora, en el área de Procesamiento Digital de Señales, en el Laboratorio de Procesos y Mediciones de Señales - Departamento de Ingeniería Electrónica. -gfernan@fi.mdp.edu.ar

Roberto M Hidalgo es Doctor en Ingeniería Especialidad Electrónica, Profesor Asociado en las asignaturas Procesamiento Digital de Señales y Mediciones Electrónicas, de la Facultad de Ingeniería de la UNMdP. Desde 1988 se desempeña como investigador en el área Procesamiento Digital de Señales y desde 2004 como director de proyectos de investigación en el tema «Instrumentación Virtual», en el Laboratorio de Procesos y Mediciones de Señales del Departamento de Ingeniería Electrónica. rhidalgo@fi.mdp.edu.ar

Raúl R. Rivera es Ingeniero Electrónico, Profesor Asociado en las asignaturas Instrumentación Electrónica e Instrumentación Virtual, de la Facultad de Ingeniería de la UNMdP. Desde 1988 se desempeña como investigador en el área Adquisición Digital de Señales y desde 2004 como co-director de proyectos de investigación en el tema «Instrumentación Virtual», en el Laboratorio de Procesos y Mediciones de Señales del Departamento de Ingeniería Electrónica - rrivera@fi.mdp.edu.ar

Walter A. Gemin es Ingeniero Electrónico, Jefe de Trabajos Prácticos en las asignaturas Instrumentación Electrónica e Instrumentación Virtual, de la Facultad de Ingeniería de la UNMdP. Desde 1999 se desempeña como investigador en las áreas Adquisición Digital de Señales y Diseño de Interfases, en el Laboratorio de Procesos y Mediciones de Señales del Departamento de Ingeniería Electrónica - agemin@fi.mdp.edu.ar

La física de la magia

Miguel Hoyuelos

Los trucos de magia nos asombran porque parecen violar leyes físicas bien establecidas o porque aparentan estar regidos por leyes desconocidas en la física. En este artículo se muestra que, en realidad, estos trucos están basados en leyes físicas que pueden ser tan atractivas cómo los mejores trucos de magia.

El objetivo del mago es desconcertar, asombrar y maravillar a su audiencia realizando algo en apariencia imposible, que parece violar las leyes de la física. Sin embargo, en muchos casos son las leyes de la física las que permiten hacer los trucos.

En estas páginas se revelarán algunos trucos que ilustran algunas leyes físicas. Al acceder a la explicación de un truco de magia se corre cierto riesgo: luego de la revelación no podrá volver a sentirse la misma ilusión que se experimentaba antes, cuando uno creía, por un momento, estar ante un acontecimiento extraordinario. Sin embargo, luego de la fascinación se suele pasar a la curiosidad y, a pesar del riesgo antes mencionado, uno desea saber cómo se realizó el truco. La intención de este artículo es satisfacer esa curiosidad con algunos ejemplos sencillos y, a la vez, hablar de física. La profesión de la magia no correrá riesgos, pues se trata de trucos simples y antiguos que ya han sido revelados muchas veces en otros medios.

Si un mago intenta hacer creer a su público que posee algún tipo de poder paranormal, que sus trucos no poseen una explicación a

través de leyes naturales, se trata de un mago del que se debe desconfiar. Un ejemplo es Uri Geller, famoso psíquico doblador de cucharas cuyos trucos pueden ser reproducidos sin inconvenientes, e incluso de forma más convincente, por otros magos. La mayoría de los magos es honesta y admite que las ilusiones son creadas con medios naturales.

En las secciones que siguen se describen los trucos en los que se aplican leyes físicas de, por ejemplo, fluidos, estática, termodinámica y óptica.

El principio de Arquímedes

El *buzo cartesiano* es un experimento atribuido usualmente a Descartes; sin embargo, no se han encontrado referencias a él en sus textos. La referencia más antigua es de 1648 y pertenece a Raffaello Maggiotti, un discípulo de Galileo, quien se atribuyó la invención del buzo cartesiano y explicó su funcionamiento. Dentro de una botella de plástico cerrada y llena de agua flota un tubo con aire, como se

muestra en la Figura 1. (Puede usarse una botella de vidrio, como hizo Maggiotti, pero con la de plástico el truco sale más fácil.) Del tubo cuelga un peso tal que una pequeña fuerza sería suficiente para que el tubo y el peso se hundan. La botella se sostiene con la mano derecha. Se acerca lentamente la mano izquierda hasta tocar la parte inferior de la botella. El tubo se hunde y la mano izquierda parece ejercer un misterioso magnetismo sobre él. Al alejar la mano izquierda, el tubo vuelve a subir.

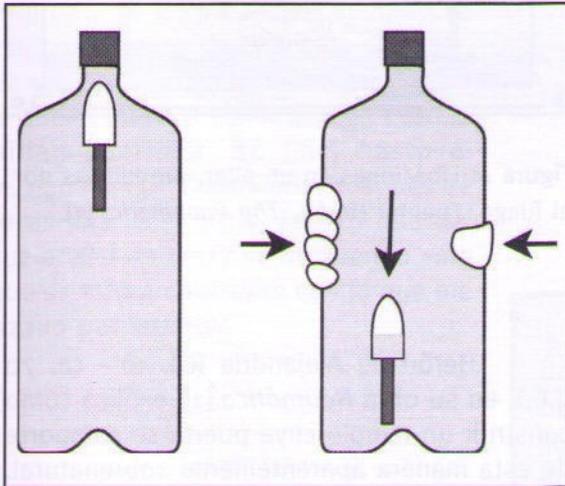


Figura 1: Buzo cartesiano. Consiste en un tubo hueco abierto por abajo, por ejemplo un gotero, dentro de una botella de plástico llena de agua. Al presionar la botella, entra agua en el gotero y se hunde.

El papel de la mano izquierda en este truco es desviar la atención del público. La verdadera responsable de la bajada y subida del tubo es la mano derecha, que sostiene la botella. El tubo tiene un orificio en su parte inferior. Si la mano derecha presiona con más fuerza a la botella, entra un poco de agua al tubo y se reduce el volumen de aire que contiene. Esta compresión hace que el tubo se hunda. Si la presión ejercida por la mano derecha se reduce, el volumen de aire dentro del tubo se expande hasta alcanzar su volumen original y el tubo vuelve a flotar.

El funcionamiento del buzo cartesiano se basa en el principio de Arquímedes (siglo III a.C.): todo cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del líquido desalojado. Este principio puede entenderse de manera intuitiva mirando la Figura 2. A la izquierda de la figura se muestra un recipiente con agua en reposo; la línea punteada marca un volumen arbitrario de agua quieta. Las flechas alrededor de este volumen representan las fuerzas ejercidas por el líquido circundante, cuyo efecto neto es producir un empuje hacia arriba que debe compensar exactamente al peso del volumen marcado; si así no fuera, el agua se movería. A la derecha, se ha reemplazado el volumen de agua por un objeto que posee la misma forma. El efecto del líquido circundante es el mismo que antes, o sea, también produce un empuje hacia arriba igual al peso del volumen de agua desalojada. Por lo tanto, si el objeto es más denso que el agua, se hundirá, y si es menos denso, flotará.

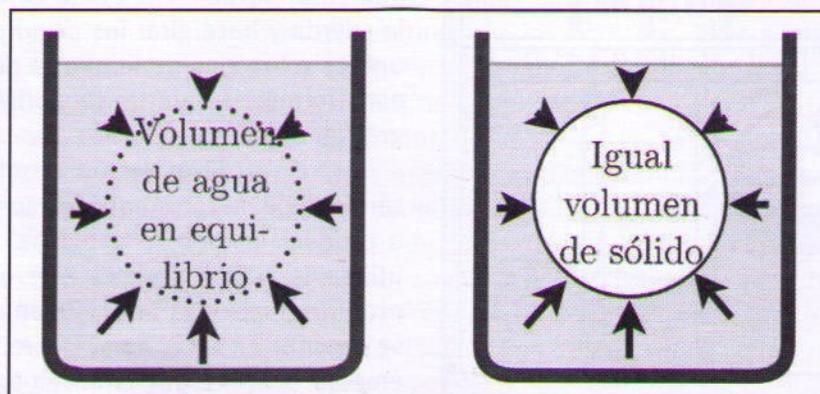


Figura 2: Ilustración del principio de Arquímedes. Las flechas indican el efecto producido por el líquido circundante, cuyo resultado neto es un empuje hacia arriba igual al peso del líquido contenido en la esfera.

La dilatación de los gases

Esta sección, dedicada a la dilatación de los gases, empezará con el relato de un milagro. La historia transcurre en el siglo I, en las afueras de Alejandría, en la zona donde comienza el desierto. Un peregrino debe llegar hasta el templo dedicado al dios local para hacer una ofrenda a la medianoche. Camina a la luz de las estrellas. El único sonido perceptible es el rozar de sus pasos en la arena. Llega al templo y coloca su ofrenda sobre la pira, cerca de la entrada. Las llamas se elevan hacia el cielo estrellado. El dios parece aceptar la ofrenda y la consume a través del fuego sagrado. La puerta del templo está cerrada y el peregrino se encuentra completamente solo. Luego de algunos minutos, escucha un crujido que viene de la puerta. Se le eriza la piel e intenta tranquilizarse pensando que sólo fue su imaginación. Al rato, otro crujido y la puerta parece moverse. Queda paralizado por el terror al ver que, poco a poco, la puerta se abre sola. Semejante prodigio le indica con claridad que el dios le es propicio y le permite la entrada a su santuario. El peregrino jamás olvidará esta experiencia y dedicará el resto de su vida al servicio y adoración del dios.

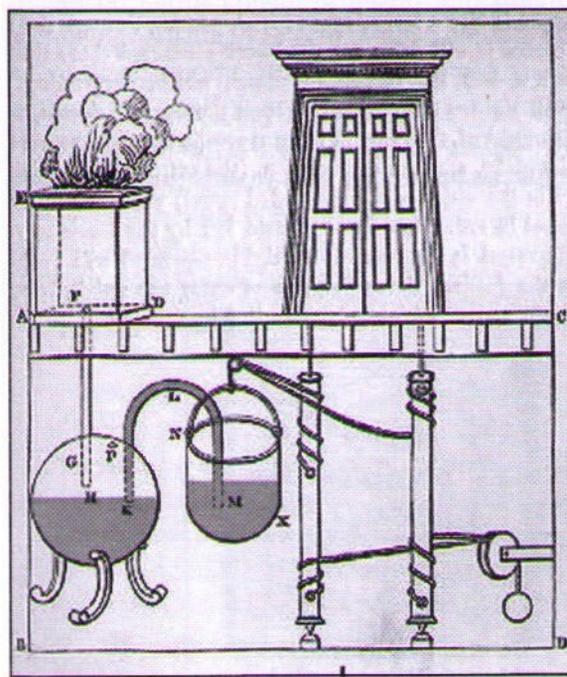


Figura 3: Templo descrito por Herón de Alejandría en su *Neumática*. Ilustración de una versión inglesa de 1851 [1].

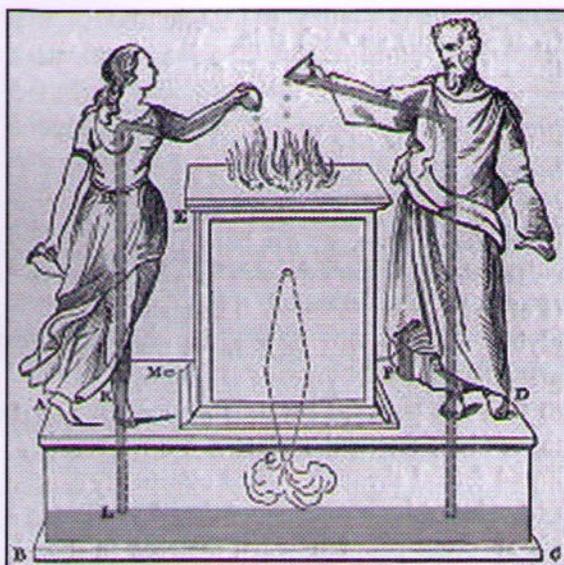


Figura 4: Libaciones en un altar, producidas por el fuego. Fuente: Herón, *The Pneumatics* [1].

Herón de Alejandría (ca. 10 - ca. 70 d.C.), en su obra *Neumática* [1], explica cómo construir un templo cuya puerta se comporte de esta manera aparentemente sobrenatural. Describe un mecanismo oculto que se encuentra por debajo de la pira y que se conecta con la puerta del templo. El mecanismo se ilustra en la Figura 3. La pira es hueca y contiene cierto volumen de aire que, al expandirse por el calor del fuego, empuja el agua que se encuentra dentro de un recipiente, en una cámara oculta y subterránea. El agua pasa, a través de un tubo, a un balde sostenido por una cuerda. La cuerda está enrollada a dos cilindros. Al aumentar su peso, el balde con agua tira de la cuerda y hace girar los cilindros, que están unidos a los ejes de la puerta del templo. De esta forma, la puerta se abrirá lentamente gracias al calor producido por la pira.

En su libro, Herón describe una gran cantidad de mecanismos ingeniosos dedicados a producir asombro. Uno más, que también utiliza la dilatación del aire al calentarse, produce libaciones de aceite en un altar como se describe en la Figura 4. El aire, al calentarse, empuja el aceite que empieza a gotear desde las manos de las estatuas y alimenta al fuego (ver Y. Perelman, *Física Recreativa I* [2]).

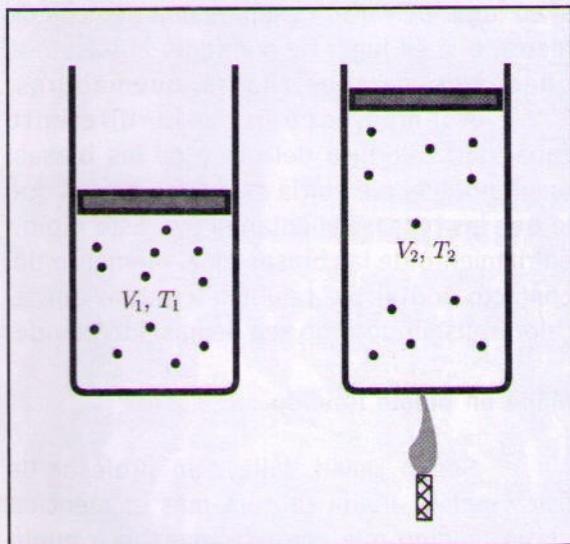


Figura 5: Ilustración de la ley de Charles. Inicialmente se tiene un gas a volumen V_1 y temperatura T_1 . Luego de calentarlo, manteniendo la presión constante, pasa a V_2 y T_2 .

El comportamiento de un gas, a presión constante, al variar su temperatura está descrito por la ley de Charles, que dice que el volumen del gas varía en forma proporcional a su temperatura. En otras palabras, si inicialmente tenemos un volumen V_1 a una temperatura T_1 , y luego tenemos un volumen V_2 a una temperatura T_2 , entonces se cumple la relación:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

donde T_1 y T_2 son temperaturas absolutas, o sea, la unidad de medición es el Kelvin. La figura 5 ilustra este comportamiento. Jacques Charles, un científico francés, dedujo esta ley en 1787.

¿Por qué se usa el nombre de Charles para esta ley si Herón sabía de la dilatación de los gases mucho tiempo antes? La diferencia es que Charles fue el primero en expresar este fenómeno físico de forma matemática, lo que permite una descripción mucho más precisa y también la realización de predicciones. Es decir, con la fórmula matemática es posible predecir, por ejemplo, cuánto variará el volumen de un gas si se varía su temperatura en cierta magnitud. Por supuesto, la ley no vale para cualquier valor de temperatura, porque a temperaturas bajas

un gas se transforma en líquido, y la ley de Charles sólo vale para gases.

Transmisión de calor

Durante los siglos XVIII y XIX era común encontrar en las ferias de Europa o Norteamérica algún representante de los «reyes del fuego» manipulando, en forma impresionante y peligrosa, objetos incandescentes, brasas o metales fundidos. Algunos ejemplos ilustres fueron Chabert y Madame Girardelli, la «célebre mujer a prueba de fuego». La historia de estos y otros personajes similares, y la forma en que realizaban sus actos, pueden encontrarse en el libro de H. Houdini, *Miracle Mongers and Their Methods* [3].

Dos de los actos más famosos de los reyes del fuego son caminar sobre brasas e introducir una mano en un metal fundido.

Caminata sobre fuego

La caminata sobre fuego o brasas tiene, en realidad, una tradición mucho más antigua que la de los reyes del fuego. Aparece en la historia, como parte de rituales religiosos o como costumbres populares que pudieron haberse originado en antiguos rituales de pasaje, en, por ejemplo, Japón, India, Sudáfrica, desierto de Kalahari, Polinesia, Grecia y Bulgaria. En algunos pueblos de España se practica como una costumbre popular. A través de los españoles ha llegado a América. También se practica en algunos sitios del noreste argentino.

No se trata de un truco en el sentido de que exista un artificio o un ardid oculto al espectador, las caminatas sobre brasas son lo que parecen. En su libro *Los fenómenos paranormales* [4], el físico francés H. Broch explica por qué es posible caminar sobre brasas ardientes. El mismo Broch llevó a la práctica esta experiencia leyendo, mientras caminaba, su libro, para convencerse de que no se quemaría. No se quemó y la mayoría de la gente que hace estas caminatas no se quema. Sin embargo, si el fuego no está adecuadamente preparado puede haber quemaduras. El carbón, o la madera, debe tener poca humedad y las brasas deben arder durante un buen rato para que se evapore la

humedad que pueda haber (esto no significa que se enfríen, las caminatas pueden hacerse sobre brasas a 500°C o más). La ausencia de humedad es necesaria para mantener baja la conductividad térmica del carbón, que, como veremos, es uno de los factores más importantes para que una caminata sobre fuego sea posible.

La Figura 6 es un esquema que muestra las variables del problema: el pie a temperatura $T_{\text{pie}}=36^{\circ}\text{C}$, las brasas a $T_{\text{brasas}}=500^{\circ}\text{C}$, y el calor Q que fluye de la zona de mayor temperatura a la de menor. El punto crítico es mantener Q acotado, pues si supera cierto valor se producen quemaduras. El calor Q se obtiene de la ley de Fourier de transmisión de calor, cuya versión simplificada y adaptada a este caso es:

$$Q \propto k (T_{\text{brasas}} - T_{\text{pie}}) t$$

donde \propto significa «proporcional a», k es la conductividad térmica del carbón y t es el tiempo durante el cual el pie está apoyado sobre las brasas. La diferencia $T_{\text{brasas}} - T_{\text{pie}}$ es grande, lo que daría un Q grande y peligroso, pero está compensada por las otras dos variables, k y t , que deben ser pequeñas. La conductividad térmica del carbón o la madera, k , es 300 veces menor que la del hierro. El tiempo t que dura una pisada es del orden del segundo mientras se mantenga un paso rápido (no es necesario correr). Estos factores son suficientes para mantener Q dentro de márgenes seguros. Por supuesto,

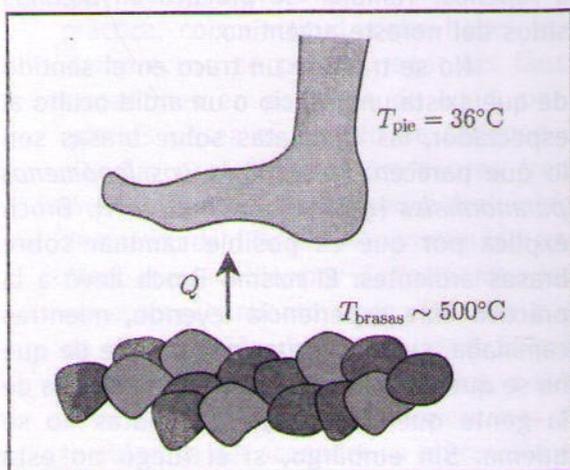


Figura 6: Caminata sobre fuego. La flecha indica el flujo de una cantidad de calor Q que va de las brasas al pie.

si en lugar de carbón usamos una plancha de hierro, o si en lugar de mantener el paso nos quedamos parados, habrá quemaduras.

Además, debido a la diferente capacidad calorífica del pie y de las brasas, resulta que el pie enfría más a las brasas que lo que las brasas calientan el pie. Este rápido enfriamiento de las brasas en el momento del contacto con el pie también ayuda a que el calor transmitido Q no sea demasiado grande.

Mano en plomo fundido

Según David Willey, un profesor de física inglés, «nada captura más la atención de un alumno que ver a su maestro a punto de matarse». Llevando a la práctica esta premisa, realiza ante sus alumnos algunas demostraciones bastante impresionantes. Una de ellas es introducir su mano desnuda dentro de un recipiente con plomo fundido, como se ve en la Figura 7. La temperatura de fusión del plomo es 327.5°C . Sin embargo, para que la experiencia sea exitosa, es conveniente que el plomo esté aún más caliente, a alrededor de 500°C . La mano se introduce un instante y se retira con rapidez. Si el plomo está lo suficientemente caliente, en forma casi instantánea se produce una fina película de vapor en torno de la mano por evaporación de la transpiración. Esta película puede mantener la piel separada del plomo fundido durante un breve lapso. Dado que, en algunos casos, la transpiración puede no ser suficiente para producir la película protectora de vapor, es conveniente mojarse antes las manos.

Más detalles sobre ésta y otras demostraciones espectaculares de Willey pueden encontrarse en la referencia [5].

Fuerza y presión

La Figura 8 muestra un caminante sobre fuego hindú calzando zapatos con clavos. Dependiendo de la cantidad y del filo de los clavos, usar este tipo de calzado, o acostarse en una cama con clavos, puede ser doloroso. En la tradición hindú, una experiencia de este tipo es considerada como una prueba de devoción y como un medio para alcanzar un estado superior del ser. Las consecuencias físicas, sin embargo, no son graves: en general no se produce daño sobre



Figura 7: Mano sumergida en plomo fundido. Fuente: D. Willey, *The Physics Behind Four Amazing Demonstrations* [5]



Figura 8: Calzado con clavos de un hindú, en Durban, Sudáfrica, 1931. Fuente: National Geographic flashback [6].

la piel (especialmente si está curtida por la práctica). ¿Cómo es posible acostarse o pararse sobre clavos y no lastimarse?

La explicación está en la diferencia entre presión y fuerza. Por ejemplo, un calzado con taco tipo aguja puede dañar un piso de madera, mientras que la misma persona con un zapato con suela lisa no produce ningún daño. En ambos casos la fuerza que se aplica al piso es la misma: el peso de la persona. La diferencia, cuando el taco es tipo aguja, es que la fuerza está concentrada en un área pequeña. Entonces, el parámetro importante a tener en cuenta no es la fuerza, sino la fuerza por unidad de área, o sea, la presión. Si llamamos F a la fuerza, P a la presión y A al área, tenemos

$$P = \frac{F}{A}.$$

Volviendo al caso del zapato con clavos, supongamos el caso extremo en el que hay un solo clavo y que el área de contacto con el clavo, A , es muy pequeña. De acuerdo con la ecuación anterior, la presión será muy grande y podrá causar daño. Pero, en la práctica, ambos zapatos tienen alrededor de

200 clavos y la presión promedio será $P = F/200A$, o sea, 200 veces menor que en el caso anterior. Esta disminución de la presión será suficiente para que no se produzcan daños, aunque probablemente no para transformar este calzado en algo confortable.

Choques

En la misma época en que los reyes del fuego, mencionados antes, gozaban de popularidad, también tenían éxito, en los mismos escenarios, las demostraciones de los hombres forzudos. Las pruebas que hacían eran variadas. Una de ellas se ilustra en la Figura 9, fragmento de un anuncio de las proezas de Johann von Eckenberg. En este caso, von Eckenberg se acostaba con una piedra sobre su abdomen y un compañero hacía la piedra pedazos golpeándola con una maza. Von Eckenberg se ponía de pie y saludaba al público sin dar muestras de dolor o daño físico.

La explicación de este acto tiene que ver con la distinción entre dos tipos de choques: elástico e inelástico. La Figura 10 muestra un diagrama de un choque elástico entre dos cuerpos de masas iguales.



Figura 9: Una de las pruebas de von Eckenberg, famoso hombre forzudo del siglo XVIII [3].

En un choque elástico la energía del movimiento, o energía cinética, se mantiene igual antes y después del choque. No se gasta energía en romper o deformar los dos cuerpos y la segunda masa continúa con la misma velocidad que la primera. El choque entre bolas de billar es aproximadamente elástico. Pero la mayoría de los choques son inelásticos y en estos casos siempre se gasta algo de energía en deformar o romper los cuerpos que chocan. Es lo que sucede en la demostración de von Eckenberg (y de varios otros que también la hacían). El éxito de la demostración depende en cierta medida de la habilidad del que da el golpe con la maza, pues debe aplicar la energía suficiente para romper la piedra, pero no más. De este modo, la mayor parte de la energía se consume en romper la piedra que, en la práctica, funciona como un escudo. Más sobre los hombres forzudos puede encontrarse en el libro de Houdini [3].

Willey realiza una demostración que consiste en una combinación de la cama con clavos y rotura de bloque sobre el pecho, como se ve en la Figura 11. En este caso es necesario cubrirse el rostro y las piernas para evitar el golpe de algún trozo de bloque. La explicación consiste, por supuesto, en una combinación de las explicaciones presentadas en esta sección y en la anterior.

Caja de resonancia

Jean Eugène Robert-Houdin (1805-1871) es uno de los personajes más importantes en la historia de la magia. De origen francés, fue él quien popularizó la

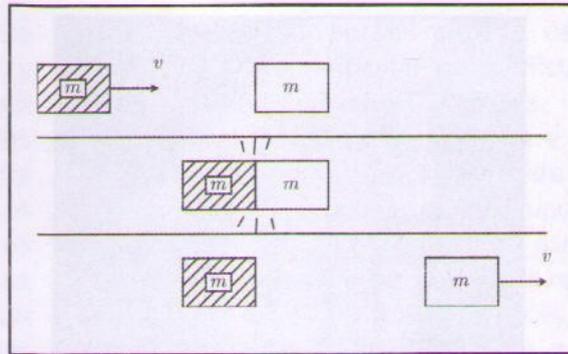


Figura 10: Choque elástico entre dos cuerpos de masas iguales. El de la izquierda transmite toda su velocidad al de la derecha. No hay pérdida de energía cinética

clásica imagen de los magos con galera y frac. Escribió un libro titulado *Magia y física recreativa* [7] en el que describe, entre otras cosas, una sesión espiritista en su propia casa. Los invitados, amigos y conocidos de Robert-Houdin, entran circunspectos a la habitación en penumbras y se sientan en torno a una mesa redonda. Frente a ellos, en el centro de la mesa y a la altura de sus cabezas, cuelga del techo una caja de madera. Antes de la sesión, todos revisan la caja y comprueban que está vacía. Unen sus manos, cierran el círculo magnético y, luego de un rato de invocar a los espíritus, reciben la primera

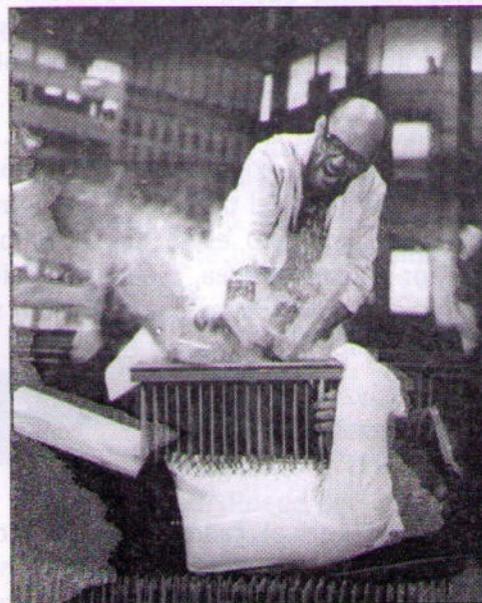


Figura 11: Combinación de cama con clavos y mazazo con bloque sobre el pecho. El temerario que recibe el golpe en esta fotografía es el profesor de física D. Willey [5].

respuesta: un pequeño golpe que proviene de la caja. Los presentes realizan preguntas al espíritu y reciben respuestas más o menos coherentes a través de un código de pequeños golpes. En su forma más clásica y simple este código consiste en lo siguiente: un golpe significa sí y dos golpes significan no. Al final de la sesión todos vuelven a revisar la caja y comprueban que está tan vacía como antes. Robert-Houdin despide a los invitados, que retornan a sus casas sin poder decidir si fueron engañados o si realmente asistieron a un fenómeno sobrenatural. El aspecto más asombroso de la experiencia es que el sonido de los golpes proviene única y claramente de la caja.

Robert-Houdin explica en su libro que, durante la sesión espiritista, hay en el piso, cerca de su pie, un interruptor eléctrico para activar un par de electroimanes ocultos en el techo (ver Figura 12) que sirven para golpear la varilla que sostiene la caja. La vibración del golpe se transmite a través de la varilla hasta la caja. Sin embargo, el sonido del golpe

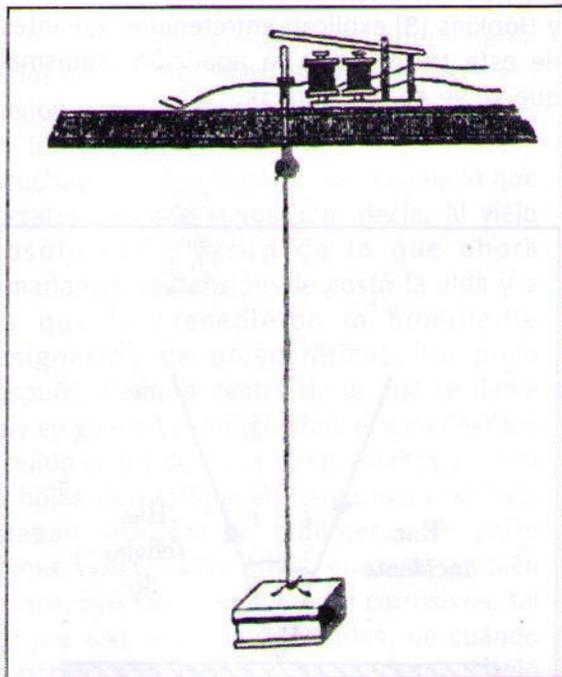


Figura 12: Caja de madera, que cuelga del techo, utilizada por Robert-Houdin para su sesión espiritista. Oculto sobre el techo puede verse un par de electroimanes que se usan para golpear la varilla que sostiene a la caja.

Fuente: J.E. Robert Houdin [7].

proviene sólo de la caja, y no de la varilla ni del techo. La razón es el fenómeno de resonancia.

¿Qué es la resonancia? Al hamacarse en un columpio un niño recibe la ayuda de su madre que da pequeños empujones en cada oscilación. Los impulsos de la madre se aplican con la misma frecuencia con la que el columpio oscila solo. Luego de un rato, la amplitud de la oscilación aumenta y el niño se divierte: ha entrado en resonancia. Si la frecuencia de los impulsos fuera mayor o menor, las oscilaciones no aumentarían su amplitud y no se produciría la resonancia. La resonancia es, entonces, la tendencia del columpio a oscilar con la máxima amplitud cuando se lo impulsa con la frecuencia adecuada, llamada frecuencia de resonancia. En el caso de la caja de madera, las moléculas de aire dentro de la caja pueden oscilar como lo hace el columpio, y el impulso externo lo reciben a través de las vibraciones de las paredes de la caja, que llegan de la varilla que la sostiene. A diferencia del columpio, las moléculas de aire dentro de la caja tienen muchas frecuencias de resonancia diferentes. La vibración de las paredes de la caja excita algunas de estas frecuencias y hace que la amplitud de las oscilaciones aumente, produciendo el sonido que los asistentes a la sesión espiritista escuchan.

Ley de reflexión

Robert-Houdin describe en su libro [7] el truco de la cabeza parlante que se muestra en la Figura 16. Fue bastante popular hacia mediados del siglo XIX en París. Los que querían ver el prodigio, que era presentado como una especie de esfinge oracular, debían pagar un precio caro y atravesar pasillos oscuros, con cuadros tenebrosos, y bajar una escalera hasta llegar a la entrada a una habitación larga, húmeda y mal iluminada, con el ánimo bien predisposto a la aprehensión. En el extremo de la habitación se hallaba la cabeza sobre una mesa. El visitante no podía acercarse pero podía realizar preguntas que eran contestadas por la cabeza con tono lúgubre. Según Robert-Houdin, se cometió el error de cobrar demasiado caro la entrada, lo que atrajo la asistencia de grupos de jóvenes de la alta sociedad parisina, desocupados, inquietos y poco respetuosos de las esfinges

oraculares. Con el deseo de hacer valer el dinero invertido, algunos de ellos quisieron obtener mayor diversión de la cabeza parlante, y comenzaron a arrojarle pequeños objetos con el objetivo de acertar en la boca. La pobre cabeza no podía hacer más que gritar e insultar. Todo terminó cuando uno de los jóvenes, algo inhábil para arrojar objetos, dio con su proyectil bajo la mesa, entre las patas. El objeto, en lugar de atravesar el espacio por debajo de la mesa, rebotó dejando en evidencia la presencia de un espejo que ocultaba al propietario de la cabeza. En la Figura 13, las zonas marcadas con *A* y *B* bajo la mesa muestran la reflexión de las paredes de los costados, marcadas con *A* y *B* respectivamente. Los espejos bajo la mesa están colocados de tal forma que las imágenes que producen parecen una continuación de la pared del fondo cuando, en realidad, son el reflejo de las paredes de los costados.

El diseño de trucos con espejos requiere del conocimiento de la ley de reflexión, ilustrada en la Figura 14. Esta ley dice que, al reflejarse un haz de luz en un espejo, el ángulo de incidencia, *i*, debe ser igual al ángulo de reflexión, *r*. Antes de Galileo era raro que se utilizara la matemática para expresar leyes físicas. Una de esas excepciones fue la ley de reflexión, cuya expresión matemática es simplemente $i=r$. Herón de Alejandría dedujo esta ley partiendo de un principio que, siglos más tarde, también sería útil para deducir la ley de refracción: el camino que recorre un haz de luz es el más corto posible. Para llegar de un punto a otro, el camino más corto es una línea recta (en un espacio euclidiano). Herón deduce, por lo tanto, que la luz se propaga en línea recta. Si antes de llegar al punto final el haz se refleja en un espejo, Herón demuestra, usando los axiomas de Euclides, que el camino más corto es el que corresponde a $i=r$.

Si nos encontramos en una habitación y miramos hacia afuera a través del vidrio de una ventana, la mayor parte de la luz que llega a nuestros ojos proviene del exterior.

Si encendemos una luz dentro de la habitación, también podremos ver en la ventana, superpuesto a la imagen del exterior, el reflejo de la luz. El vidrio funciona, en este caso, como un espejo semitransparente. Lo que vemos es una superposición de luz

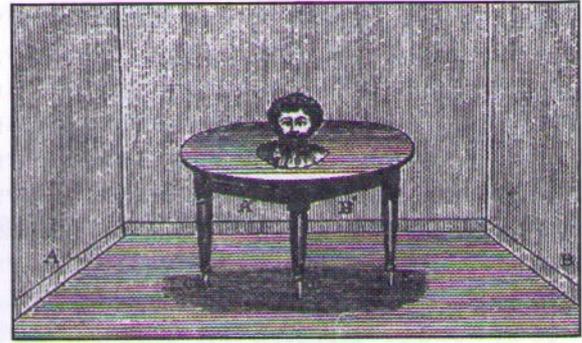


Figura 13.: La cabeza sobre la mesa es real, habla y contesta preguntas. El truco se realiza utilizando espejos y la ley de reflexión. Fuente: J.E. Robert-Houdin [7].

transmitida del exterior y luz reflejada del interior. Esta superposición es la base de un truco usado en exhibiciones y obras de teatro durante el siglo XIX. El público se encuentra en penumbras y sólo se ilumina la acción en el escenario. Entre el público y el escenario hay una gran placa de vidrio que, cuando la acción lo requiere, refleja figuras que se superponen a los actores. Robert-Houdin [7] y Hopkins [8] explican entretenidas variantes de este truco, como la aparición fantasmal que se ve en la Figura 15.

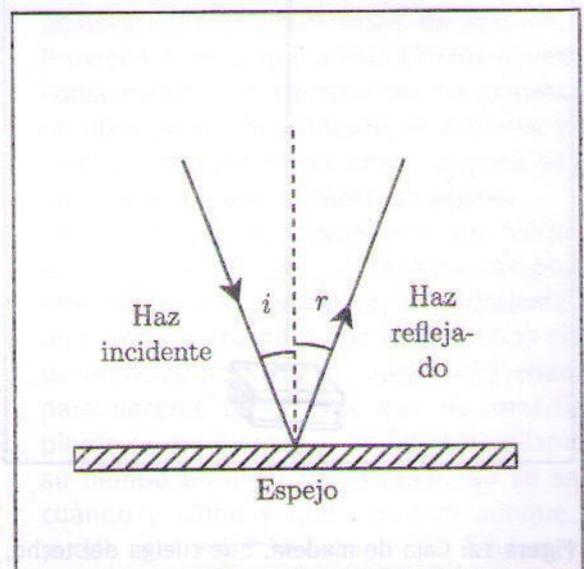


Figura 14: Reflexión de un haz de luz en un espejo. Las letras *i* y *r* indican los ángulos de incidencia y reflexión. Según la ley de reflexión, $i=r$.

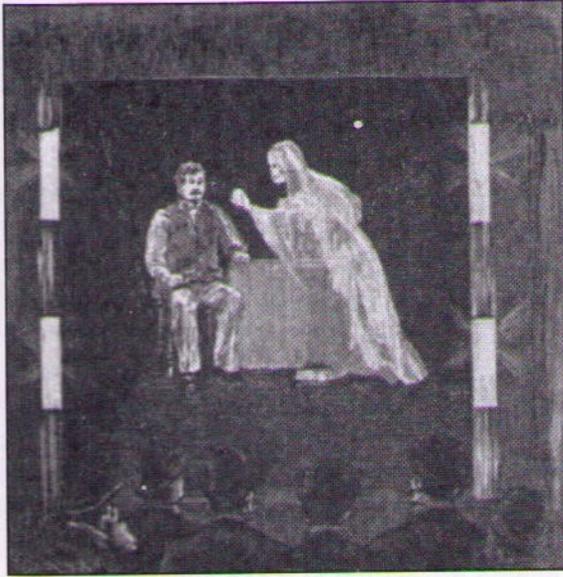


Figura 15: Aparición fantasmal producida con un espejo semitransparente. Fuente: A. Hopkins [8].

Hay una gran variedad de trucos que se realizan con espejos, algunos de ellos son bastante complejos y producen efectos espectaculares. Menciono un ejemplo más, descrito en el libro de Y. Perelman [2]: el aparato de Roentgen. Este dispositivo sirve, en apariencia, para ver a través de cualquier tipo de material. En realidad, la luz elude el obstáculo desviándose en espejos.

Conclusión

Las descripciones de trucos de magia que se presentan en este artículo tienen la intención no sólo de usarlas como base para la explicación de los principios físicos subyacentes, sino también la de dejar de manifiesto la semejanza que existe entre la fascinación de una persona que presencia un espectáculo de magia y la de un científico que observa la naturaleza. En ambas situaciones se puede sentir la misma sensación de asombro y maravilla. Igual que el espectador de los actos de magia, el científico quiere saber cuáles son los trucos que hay detrás de los actos de la naturaleza.

Referencias

- [1] Herón de Alejandría, *The Pneumatics* (Londres, 1851), <http://www.history.rochester.edu/steam/hero/index.html>
- [2] Y. Perelman, *Física Recreativa I y II* (Mir, Moscú, 1975), <http://www.librosmaravillosos.com/fisicareactiva1/index.html>
- [3] H. Houdini, *Miracle Mongers and Their Methods* (E. P. Dutton and Co., New York, 1920), <http://etext.virginia.edu/toc/modeng/public/HouMirM.html>
- [4] H. Broch, *Los fenómenos paranormales, una reflexión crítica* (Ed. Crítica, Barcelona, 1987).
- [5] D. Willey, *The Physics Behind Four Amazing Demonstrations*, *Skeptical Inquirer* (noviembre/diciembre 1999), <http://www.csicop.org/si/9911/willey.html>
- [6] National Geographic flashback (Septiembre 2006), <http://www7.nationalgeographic.com/ngm/0609/flashback.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Louis_Cyr
- [7] J.E. Robert-Houdin, *Magia y física recreativa* (Alta Fulla. Barcelona, 1998).
- [8] A. Hopkins, *Magic, Stage Illusions and Scientific Diversions Including Trick Photography* (Munn & Co., 1901).

Agradecimientos

El contenido de este artículo ha sido presentado en charlas para todo público y en escuelas. Al final de las charlas, los magos Alan Magic y Fernando Rodríguez contribuyeron desinteresadamente a recuperar la ilusión realizando trucos maravillosos que no fueron explicados.

Agradezco a D. Willey por permitirme el uso de sus imágenes.

Miguel Hoyuelos es Doctor en Física, docente e investigador del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Investiga sobre procesos irreversibles y sistemas fuera de equilibrio
hoyuelos@mdp.edu.ar

Sudoku, permutaciones, Cuadrados Latinos y frases famosas

César Bravo – Luiz Junqueira

I. Sudoku

Mire con atención el tablero dibujado en la Figura 1. ¿Lo reconoce?

9		6	8		7
3		1			5
	7	9	2	6	
2					7
3	6		7	5	9
7					8
	5	8	3	7	
6		4			9
7		2	5		3

Figura 1: Un tablero de Sudoku

Se trata de un tablero de Sudoku, un juego que usted probablemente pueda encontrar en la sección de entretenimiento de su diario favorito. El juego consiste en llenar con los números de 1 a 9, sin repetir, cada línea, columna y subcuadrado 3×3 .

Por ejemplo, la primera línea NO podría ser completada así:

9	5	3	6	4	8	2	1	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Pues en la columna del medio quedarían dos números 4 o porque en el primer subcuadrado habría dos números 3. Explicaremos métodos que le van permitir construir sus propios tableros de Sudoku 9×9 como los que aparecen en los diarios, y también 25×25 (Ver figura 12) Seguiremos la estrategia clásica de avanzar aumentando, a cada paso, la dificultad de los conceptos tratados. Como quien dice: «De lo particular a lo general». Pero no se preocupe: a cada paso tendremos más herramientas para resolver problemas.

II. Permutaciones y sudoku

Una permutación de n símbolos es una *ordenación* de esos símbolos; en este

contexto, *ordenación*, significa también *desordenación*; esto quiere decir que no nos limitamos a *ordenación creciente* u *ordenación decreciente*; por ejemplo para los números de 1 hasta 3, tenemos 6 *permutaciones*, a saber: 123, 132, 213, 231, 312 y 321. La cantidad de *permutaciones* de n símbolos recibe el nombre de *factorial de n* , es denotada comúnmente por $n!$ y se calcula multiplicando todos los números enteros positivos menores o iguales que él, por ejemplo, $5! = 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 120$. De esta forma, podemos calcular: $2! = 2$, $3! = 6$, $4! = 24$, $6! = 720$, $7! = 5040$, $8! = 40320$ y $9! = 362880$. Vamos a mostrar cómo construir tableros de Sudoku usando permutaciones.

Comience colocando, en un tablero cuadrado 3×3 , los números de 1 a 9. Así, por ejemplo:

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Figura 2: Los números de 1 a 9 en un cuadrado

Seguramente usted reconoce el tablero arriba como uno de los posibles subcuadrados en un tablero de Sudoku: contiene todos los números de 1 a 9; supongamos que se trata del subcuadrado superior izquierdo y llamémoslo SC_{11} ; consideremos ahora el problema de colocar los otros dos subcuadrados, correspondientes a las tres primeras líneas (siempre que digamos «líneas» se deberá entender «línea horizontal»), satisfaciendo las restricciones del Sudoku: en cada línea tienen que aparecer los números de 1 a 9 y, los números en cada columna no pueden repetirse.

Para hacerlo vamos a utilizar dos permutaciones de las líneas de SC_{11} : ¿Cómo? Así: considere las líneas de SC_{11} numeradas de 1 a 3:

1	1	2	3
2	4	5	6
3	7	8	9

Figura 3: El subcuadrado SC_{11}

Con esta numeración, SC_{11} es representado por la permutación 123; como no queremos que exista repetición de los números de 1 a 9 en cada línea, escogemos para el cuadrado central, SC_{12} , la permutación 231 y para el cuadrado en la esquina superior derecha, SC_{13} , la permutación 312. Así:

1	1	2	3	2	4	5	6	3	7	8	9
2	4	5	6	3	7	8	9	1	1	2	3
3	7	8	9	1	1	2	3	2	4	5	6

Figura 4: Las tres primeras líneas del Sudoku

Hay un detalle de abstracción que tal vez conviene resaltar ahora: como ya mencionamos, una permutación de n símbolos es una (*des*)ordenación de esos símbolos. Sucede que los símbolos pueden ser escogidos arbitrariamente, o sea, pueden ser cualquier n símbolos diferentes, o cualquier n cosas diferentes.

En especial, si los símbolos son A , B y C , entonces la permutación 123 de esos símbolos es ABC , la permutación 231 es BCA y la permutación 312 es CAB . Esto se explica de la siguiente manera: la permutación 123 de los símbolos A , B y C es ponerlos en orden creciente. La permutación 231 significa poner el del medio (B) primero, el último (C) al medio y el primero (A) al final y la permutación 312 significa poner el último (C) primero, el primero (A) al medio y el del medio (B) al final. Así, por ejemplo, el cuadrado SC_{12} se consiguió aplicándole la permutación 231 a las líneas

[1 2 3], [4 5 6] y [7 8 9].

Ahora vamos a completar los dos cuadrados que corresponden a las primeras 3 columnas. Y vamos a hacerlo aplicando sobre las tres primeras columnas de SC_{11} , (que

son $\begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 7 \end{bmatrix}$, $\begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ 8 \end{bmatrix}$ y $\begin{bmatrix} 3 \\ 6 \\ 9 \end{bmatrix}$), las mismas permutaciones 231 y 312 que ya aplicamos sobre las líneas. Así:

1	1	2	3	2	4	5	6	3	7	8	9
2	4	5	6	3	7	8	9	1	1	2	3
3	7	8	9	1	1	2	3	2	4	5	6

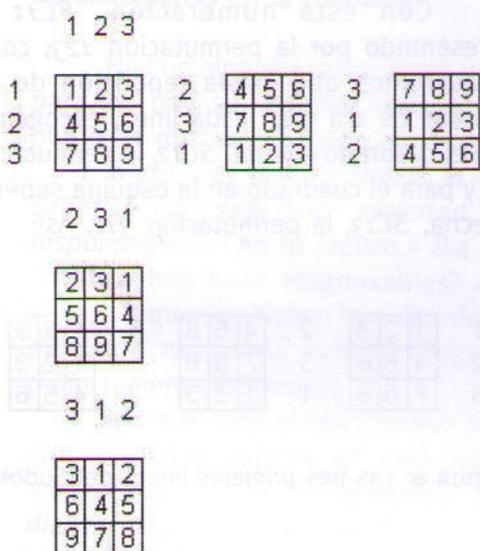


Figura 5 Las permutaciones de las columnas 1, 2 y 3

Ahora nos faltan «solamente» 4 subcuadrados. Podemos hacerlo aplicando las mismas permutaciones a las columnas de 4 a 6 y de 7 a 9 a las líneas de 4 a 6 y de 7 a 9.

La construcción que hemos descrito es particularmente afortunada en el sentido de que las permutaciones utilizadas para las columnas de 4 a 6 y de 7 a 9 coinciden con las permutaciones de las líneas de 4 a 6 y de 7 a 9. Todo esto es indicado en la Figura 6 a seguir con las permutaciones de líneas y columnas arriba y a la izquierda de cada uno de los subcuadrados.

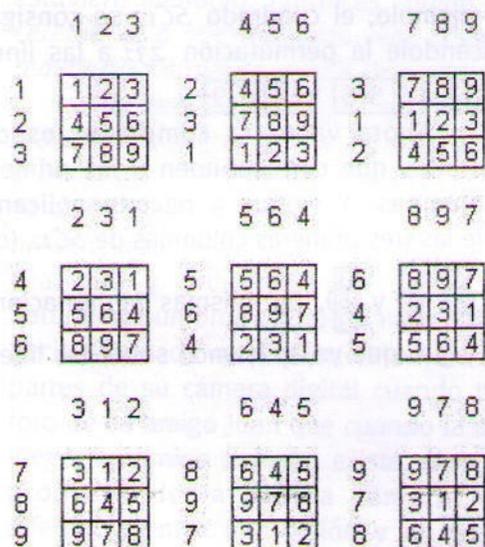


Figura 6: Tablero Sudoku obtenido por el método de permutaciones

¿Podemos construir otros tableros de Sudoku más difíciles usando este método? Sí. ¿Cuántos? Exactamente 362880. ¿Por qué no más o menos que ese número? Porque estamos limitados a la elección del tablero inicial SC11 y para ese tablero tenemos $9! = 362880$, posibilidades, que son las formas de colocar los 9 números en un cuadrado de 3×3 .

Por ejemplo, este es otro tablero que se puede obtener con el método descrito usando otro SC11:

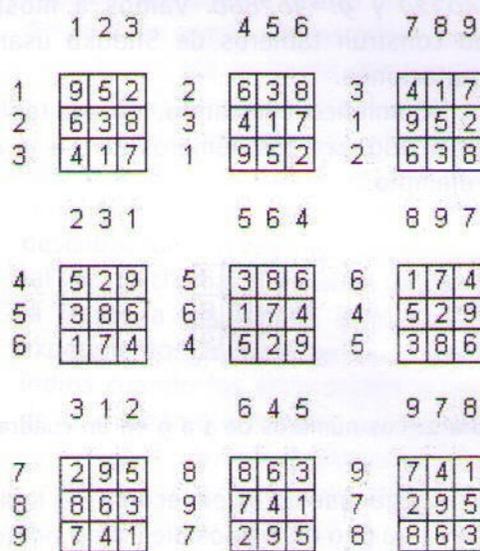


Figura 7: Otro Sudoku obtenido por el mismo método

Y ahora podemos pasar a remover algunos números y comenzar a jugar Sudoku:

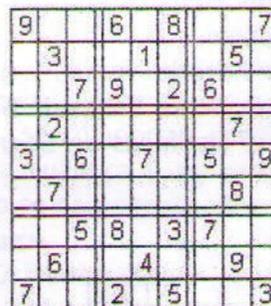


Figura 8: ¡Sudoku!

III. Cuadrados Latinos y de Sudoku

Cuando uno aprende una fórmula matemática, por ejemplo, las fórmulas para extraer raíces cuadradas y cúbicas, generalmente se da por satisfecho hasta que un día, necesita, por increíble que parezca, extraer la raíz cuarta de 81 y no tiene una calculadora a la mano. Inmediatamente se pregunta ¿Cómo se extraen raíces cuartas sin calculadora? Si, por casualidad y buena fortuna, uno tiene un amigo matemático y le hace esa pregunta, seguramente la respuesta va a comenzar más o menos así: "Hay un teorema que dice...". Esa frase *Hay un teorema* es lo que llamamos una frase famosa.

¿Y que tiene que ver eso con Sudoku? Simple: Una vez que aprendimos un método para construir tableros Sudoku, la pregunta natural es ¿Y puedo construir tableros Sudoku para cuadrados más grandes que 9x9? Felizmente, para el caso del Sudoku, *hay un teorema de la teoría de Cuadrados Latinos*, que garantiza que, en efecto, podemos hacer este tipo de construcciones. Y, en este caso, se trata de un *teorema demostrado por construcción*. Vamos a dar las definiciones básicas y describir el método de construcción con un ejemplo, sin entrar en los detalles del teorema.

Comenzamos con la definición de cuadrados latinos: un *cuadrado latino* de orden n es una matriz en la que cada línea y cada columna es una permutación de n símbolos. La siguiente figura muestra un ejemplo de un cuadrado latino donde los símbolos son los números de 1 a 9.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	3	4	5	6	7	8	9	1
3	4	5	6	7	8	9	1	2
4	5	6	7	8	9	1	2	3
5	6	7	8	9	1	2	3	4
6	7	8	9	1	2	3	4	5
7	8	9	1	2	3	4	5	6
8	9	1	2	3	4	5	6	7
9	1	2	3	4	5	6	7	8

Figura 9: Un cuadrado Latino L

Un estudiante de ingeniería tal vez piense inmediatamente: ¡Pero esto no es un Sudoku! Cierto, no afirmamos que lo fuese. Un estudiante de filosofía tal vez observe que, aunque los cuadrados latinos, en general, no son tableros de Sudoku, en cambio, *todos los tableros de Sudoku son cuadrados latinos*. Matemáticamente, esta situación se expresa diciendo que *los tableros de Sudoku son casos particulares de los cuadrados latinos*. En términos de conjuntos lo anterior significa que el conjunto formado por los tableros de Sudoku está contenido en el conjunto de cuadrados latinos de orden 9, formados por los números de 1 a 9.

Ahora sí: *hay un teorema*, en la teoría de cuadrados latinos, que permite, a partir de un número entero n y un cuadrado latino $L = (L_{ij})$ de orden m , construir un cuadrado latino de orden mn . Aunque no intentaremos una explicación del método general lo usaremos para generar un cuadrado latino de orden 25 a partir de un cuadrado de 5x5. El pequeño que llamaremos L_{11} será el siguiente.

11	10	4	23	17
18	12	6	5	24
25	19	13	7	1
2	21	20	14	8
9	3	22	16	15

Figura 10: El Subcuadrado

El grande consistirá en 25 cuadrados pequeños, en particular, el del extremo superior izquierdo será L_{11} :

L11	L12	L13	L14	L15
L21	L22	L23	L24	L25
L31	L32	L33	L34	L35
L41	L42	L43	L44	L45
L51	L52	L53	L54	L55

Figura 11: Un «Sudoku» 25x25

Al final obtenemos

11	10	4	23	17	16	15	9	3	22	21	20	14	8	2	1	25	19	13	7	6	5	24	18	12
18	12	6	5	24	23	17	11	10	4	3	22	16	15	9	8	2	21	20	14	13	7	1	25	19
25	19	13	7	1	5	24	18	12	6	10	4	23	17	11	15	9	3	22	16	20	14	8	2	21
2	21	20	14	8	7	1	25	19	13	12	6	5	24	18	17	11	10	4	23	22	16	15	9	3
9	3	22	16	15	14	8	2	21	20	19	13	7	1	25	24	18	12	6	5	4	23	17	11	10
16	15	9	3	22	21	20	14	8	2	1	25	19	13	7	6	5	24	18	12	11	10	4	23	17
23	17	11	10	4	3	22	16	15	9	8	2	21	20	14	13	7	1	25	19	18	12	6	5	24
5	24	18	12	6	10	4	23	17	11	15	9	3	22	16	20	14	8	2	21	25	19	13	7	1
7	1	25	19	13	12	6	5	24	18	17	11	10	4	23	22	16	15	9	3	2	21	20	14	8
14	8	2	21	20	19	13	7	1	25	24	18	12	6	5	4	23	17	11	10	9	3	22	16	15
21	20	14	8	2	1	25	19	13	7	6	5	24	18	12	11	10	4	23	17	16	15	9	3	22
3	22	16	15	9	8	2	21	20	14	13	7	1	25	19	18	12	6	5	24	23	17	11	10	4
10	4	23	17	11	15	9	3	22	16	20	14	8	2	21	25	19	13	7	1	5	24	18	12	6
12	6	5	24	18	17	11	10	4	23	22	16	15	9	3	2	21	20	14	8	7	1	25	19	13
19	13	7	1	25	24	18	12	6	5	4	23	17	11	10	9	3	22	16	15	14	8	2	21	20
1	25	19	13	7	6	5	24	18	12	11	10	4	23	17	16	15	9	3	22	21	20	14	8	2
8	2	21	20	14	13	7	1	25	19	18	12	6	5	24	23	17	11	10	4	3	22	16	15	9
15	9	3	22	16	20	14	8	2	21	25	19	13	7	1	5	24	18	12	6	10	4	23	17	11
17	11	10	4	23	22	16	15	9	3	2	21	20	14	8	7	1	25	19	13	12	6	5	24	18
24	18	12	6	5	4	23	17	11	10	9	3	22	16	15	14	8	2	21	20	19	13	7	1	25
6	5	24	18	12	11	10	4	23	17	16	15	9	3	22	21	20	14	8	2	1	25	19	13	7
13	7	1	25	19	18	12	6	5	24	23	17	11	10	4	3	22	16	15	9	8	2	21	20	14
20	14	8	2	21	25	19	13	7	1	5	24	18	12	6	10	4	23	17	11	15	9	3	22	16
22	16	15	9	3	2	21	20	14	8	7	1	25	19	13	12	6	5	24	18	17	11	10	4	23
4	23	17	11	10	9	3	22	16	15	14	8	2	21	20	19	13	7	1	25	24	18	12	6	5

Figura 12: Un Sudoku 25x25

Las reglas que fueron usadas son las siguientes:

1. Las posiciones del cuadrado L_{12} se obtienen sumando 5 a las posiciones correspondientes de L_{11} ; en caso de que el valor de la suma sea mayor a 25, restamos 25. Por ejemplo, el 11 de L_{11} fue remplazado por $11 + 5 = 16$; por otro lado, el 24 en L_{11} fue remplazado por un 4, pues $24 + 5 = 29$, y $29 - 25 = 4$.
2. Las posiciones de los cuadrados de L_{13} a L_{15} se obtienen de forma similar: L_{13} a partir de L_{12} , L_{14} a partir de L_{13} y L_{15} a partir de L_{14} . O sea: siempre en base al cuadrado a la izquierda.
3. Las posiciones de los cuadrados de L_{21} a L_{51} se obtienen de forma similar: L_{21} a partir de L_{11} , L_{31} a partir de L_{21} , L_{41} a partir de L_{31} y L_{51} a partir de L_{41} . O sea: siempre en base al cuadrado encima.
4. Y, finalmente, los cuadrados desde L_{22} hasta L_{55} , pueden obtenerse por cualquiera de las dos reglas (2) o (3): por ejemplo, el 22 del cuadrado L_{32} proviene de sumarle 5 al 17 del cuadrado L_{31} o al 17 del cuadrado L_{22} .

Y por increíble que a usted le parezca acabamos de describir como construir el tablero 25×25 presentado en la figura a seguir y que sigue las reglas del Sudoku: en cada cuadrado 5×5 , y en cada línea y columna, tenemos los números de 1 a 25.

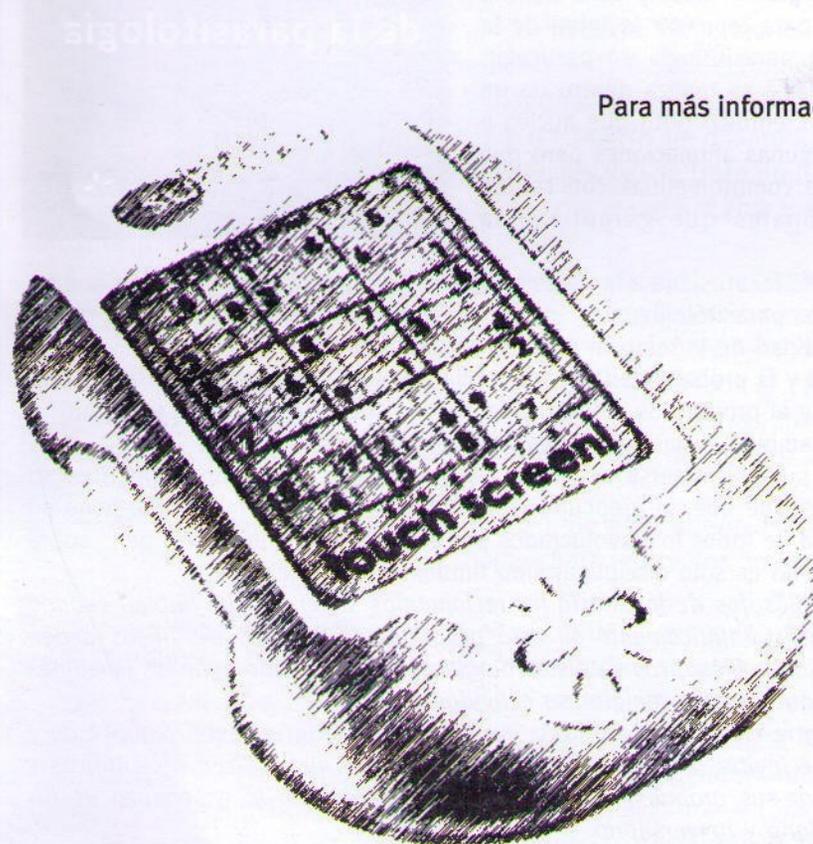
En la actualidad los cuadrados latinos son investigados, no solo por su propio interés matemático o los desafíos computacionales que presentan, sino también por las numerosas aplicaciones a la ciencia y tecnología.

Las aplicaciones recorren un amplio espectro que va desde verificación de fallas en sistemas de telefonía, hasta el diseño estadístico de experimentos que involucren combinación de medicamentos en diferentes tratamientos para una misma enfermedad.

A continuación daremos un ejemplo idealizando al máximo el problema. Digamos que para realizar una comunicación entre celulares de Argentina a Brasil interviene tres sistemas, el argentino, el internacional (satélite) y el brasileño. En cada sistema existen nueve prestadoras que intervienen, inventemos algunos nombres: Digamos que

del lado argentino se puede hacer la llamada vía: Estaticom, Impersonal, Oscuro, y siete más; en la parte internacional intervienen nueve satélites: S1,S2,... y S9; y del lado brasileño: Clarinho, Vivinho, Timinho,... y siete más. Ahora digamos que queremos probar si alguna combinación de estas tres tiene algún tipo de falla que hace defectuosa la comunicación. Son $9 \cdot 9 \cdot 9 = 729$ combinaciones posibles. Demasiadas para nuestra paciencia!!! Así que en cambio lo que se puede hacer es realizar 81 de estas, según lo indica el cuadrado latino de la Figura 9. En este caso cada columna representa una prestadora nacional, cada fila una prestadora brasileña y el número representa el satélite usado. Así,

por ejemplo, la casilla superior izquierda, que posee un 1, simboliza que se realizó el experimento de llamar vía Estaticom, S1 y Clarinho. El 2 a su derecha significa: Impersonal, S2 y Clarinho. La ventaja de este diseño experimental es que se contemplan todos los posibles «pares defectuosos»; por ejemplo, si un defecto es producido al combinar Clarinho con S9 lo detectaremos en la casilla superior derecha; si un defecto se da al combinar la última prestadora argentina con S8, lo encontraremos al realizar el experimento simbolizado por la casilla inferior derecha. Claro está que si un defecto solo se produce al combinar Estaticom, Clarinho y S2 no será detectado con este diseño.



Para más información: dpmatem@mdp.edu.ar

El Departamento de Matemática de la FCEyN agradece al Dr. Bravo y al Mg. Junqueira por su colaboración. Ambos realizaron sus postgrados en la Universidade de Sao Paulo - Brasil y actualmente uno de sus múltiples intereses consiste en los desafíos computacionales que los Cuadrados Latinos generan.

Fundamentación epistemológica de la parasitología

Epistemologic Foundation of Parasitology

Guillermo M. Denegri

EUDEM, 2008, 231 pág. Edición bilingüe

El diálogo fecundo entre ciencia y filosofía ha sido una meta común de algunos científicos y filósofos. El libro de Guillermo Denegri, *Fundamentación epistemológica de la parasitología* / Mar del Plata: EUDEM, 2008, es un corolario de los esfuerzos del autor en perseguir esa meta. Desde sus líneas se defiende la creencia que sostiene que: «*es posible hacer buena ciencia, trabajar en ella todos los días y mantener una actividad de tipo epistémico*».

Denegri utiliza la epistemología del filósofo de la ciencia, Imre Lakatos (1922-1974), para repensar la tarea de la ciencia en general y de la parasitología en particular. Para Lakatos la tarea científica se realiza dentro de un Programa de Investigación Científico (PIC) que nuclea a teorías que disienten en algunas afirmaciones pero que a la vez están fuertemente comprometidas con ciertos presupuestos convencionales que garantizan la continuidad del PIC.

La aplicación de la propuesta lakatosiana a la parasitología le permite a Denegri concluir que un PIC puede ser usado por los parasitólogos si:

- Establece la posibilidad de la relación parásito-hospedador.
- Mide la posibilidad y la probabilidad de ocurrencia de la relación parásito-hospedador.
- Explica las causas y el proceso de colonización a un hospedador o a un ambiente.
- Explica y predice cambios en las relaciones parásito-hospedador.

Un aspecto relevante que puede extraerse de la lectura del libro de Guillermo Denegri es su adhesión a la tesis que sostiene que, la preocupación por los temas epistemológicos pone en evidencia la responsabilidad de todos los involucrados por el impacto que la ciencia tiene sobre la sociedad. Esta inquietud no es sólo disciplinar sino fundamentalmente ética.

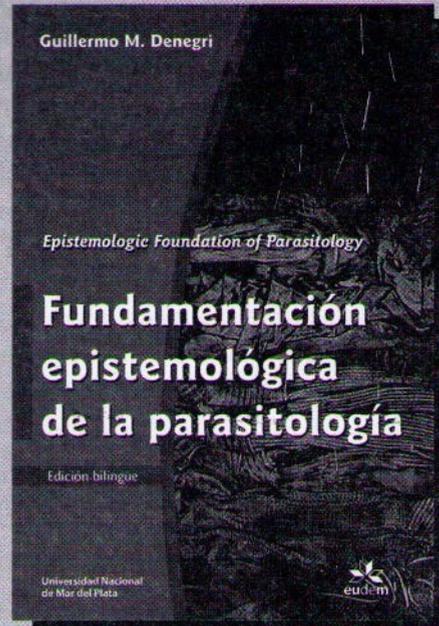
Por ello sostiene: *Si a los filósofos de la ciencia les reclamamos saber de qué hablan cuando pretenden analizar la ciencia, enfáticamente se está proponiendo que los científicos deben procurar formarse en cuestiones filosóficas y epistemológicas, aprovechando aquellas versiones surgidas en este campo y que puedan mejorar su actividad científica.*

Denegri suma al diálogo entre ciencia y filosofía, la voz de los educadores: *Este romance de a dos puede aún ampliarse e invitar a un tercero, los pedagogos, a que utilicen a científicos y epistemólogos para mejorar sus propuestas de enseñanza, sobre todo la enseñanza de las ciencias en el nivel secundario y universitario.*

Este libro aporta elementos epistemológicos interesantes para pensar la parasitología y es por ello valioso. Jacques Cabaret, parasitólogo y filósofo, que prologa el libro de Guillermo Denegri dice: *Un parasitólogo que investiga el aporte de la filosofía a su campo de trabajo es una novedad.* Es posible celebrar en el contenido de este libro otras novedades, que pueden no ser exclusivas pero no por ello menos celebradas: la preocupación por la enseñanza de la ciencia y por la responsabilidad ética de la ciencia y de su enseñanza. Y lo es aún más porque destaca, blanco sobre negro, la responsabilidad que les cabe a los hacedores, a los críticos y a los transmisores de la ciencia, para minimizar la sentencia que Brecht amargamente le hace decir a Galileo:

«ahora como están las cosas, lo máximo que se puede esperar es una generación de enanos inventores que pueden ser alquilados para todos los usos» (Brecht, 1984, p.17)

Este libro es un manifiesto en contrario.



Susana La Rocca

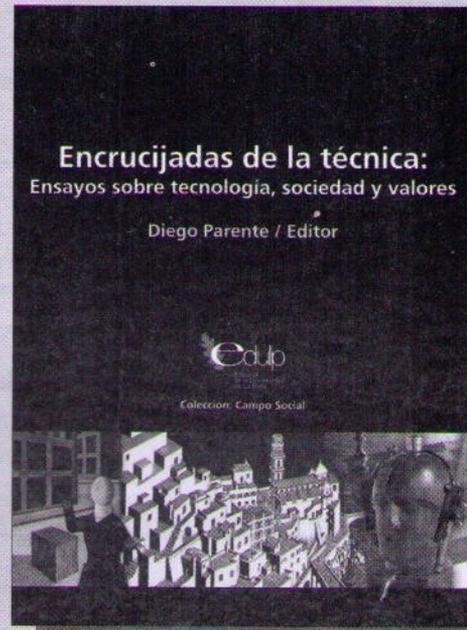
Encrucijadas de la técnica: ensayos sobre tecnología, sociedad y valores

Diego Parente (editor)

Edufp, La Plata, 2007, 245 pp

La presente obra nos acerca una compilación de artículos en torno a temas de filosofía de la técnica en la que se reúnen trabajos de especialistas procedentes de España y Argentina. En dicho volumen la técnica aparece como un problema filosófico situado en las raíces de la cultura contemporánea. Por este motivo en el texto se desenvuelven nuevos interrogantes sobre el mundo actual bajo una revisión constructiva y racional entre lo innovador y lo tradicional. Los artículos de la obra conforman un núcleo de estudio que abarca los campos de la ontología, la epistemología y la práctica ético-social de la tecnología. La estructura del escrito mantiene una unidad y relación coherente entre sus partes, de forma tal que las problemáticas se conectan brindando al lector la posibilidad de realizar un seguimiento de los tópicos expuestos a lo largo de cada trabajo. Así el libro expone temáticas complejas aunque de forma accesible para el lector no especializado. El

volumen se divide en dos partes. En la primera de ellas (conformada por los trabajos de F. Broncano, R. Queraltó y S. Cecchetto) se analizan los conceptos de determinismo, cambio y desarrollo tecnológico partiendo de la concepción pesimista del mundo como una «reserva en ruina». Esta sección nos remite a factores axiológicos con el fin de retomar la técnica como una disciplina de la acción productiva vinculada al ámbito social desde la economía, la política, la ética y la cultura en general. En la otra sección del libro (que incluye los artículos de J. Vega Encabo, D. Lawler y D. Parente) se expone una visión ontológica de la técnica y se trabajan nociones como la posibilidad de una naturaleza esencial y objetiva de los artefactos en la sustancialidad, la pertenencia a clases y la composicionalidad. Por otro lado, mediante una postura subjetiva se comprende la técnica en su faceta comunicativa a través del aporte del diseño y por último se muestran otras ideas como la compensación, la necesidad, el equilibrio y el excedente de los avances artificiales. Estas nociones nos ayudan a entender y debatir acerca de las distintas teorías y concepciones de la disciplina. A modo de conclusión, podemos decir que la lectura del libro nos permite abordar a través de la filosofía cuestiones específicas de nuestra cotidianidad, puesto que nos invita a repensar desde un ambiente global y tecnificado un mundo cultural con nuevas exigencias que forman parte del conjunto de demandas que como ciudadanos debemos tratar.



Leticia Basso Monteverde

Universidad Nacional de Mar del Plata

Arq. Daniel R. MEDINA
Rector

Dr. Guillermo E. ELIÇABE
Vicerrector

Lic. Norberto J. ÁLVAREZ
Secretario de Ciencias e Innovación Tecnológica

Arq. Alejandro R. ARA
Secretario de Coordinación de Servicios

CPN Alfredo LAZERETTI
Secretario de Administración Financiera

Dr. Rubén BUCETA
Secretario Académico

Lic. Griselda POSSETTO
Secretaria de Extensión

Lic. Daniel REYNOSO
Secretario de Relaciones Laborales Universitarias

Ab. Alberto F. RODRÍGUEZ
Secretario Consejo Superior

Unidades Académicas

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño Industrial
Decano: Arq. Roberto GUADAGNA

Facultad de Ciencias Agrarias
Decano: Msc. José A. CAPURRO

Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Decano: Lic. Francisco MOREA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Decano: Dr. Gustavo DALEO

Facultad de Derecho
Decano: Dr. Miguel ACOSTA

Facultad de Humanidades
Decana: Dra. María Luz GONZÁLEZ MEZQUITA

Facultad de Ingeniería
Decano: Ing. Jorge PETRILLO

Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social
Decana: Lic. Mónica TELLECHEA

Facultad de Psicología
Decana: Lic. Alicia ZANGHELLINI

**Comisión Asesora de
Ciencia y Técnica**

*Integrada por los Secretarios
de Ciencia y Técnica de las
Unidades Académicas*

Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño
Arq. Teresita FALABELLA

Facultad de Ciencias Agrarias
Dra. Elsa CAMADRO

Facultad de Ciencias
Económicas y Sociales
Lic. Raúl DE VEGA

Facultad de Ciencias Exactas y
Naturales
Dr. Marcelo ACHA

Facultad de Derecho
**Abog. María del Carmen
ORTEGA**

Facultad de Humanidades
Mg. Patricia LUCERO

Facultad de Ingeniería
Dra. Teresita CUADRADO

Facultad de Ciencias de la
Salud y Servicio Social
Lic. Delicia MADOERI

Facultad de Psicología
Mg. Cristina BELLOC



SECRETARIA DE CIENCIAS E
INNOVACION TECNOLOGICA



SECRETARIA DE CIENCIAS E
.....
INNOVACION TECNOLOGICA