

LA CIENCIA EN NUESTRAS MANOS

Una perspectiva de los talleres de divulgación sin el color de rosa



LA CIENCIA EN NUESTRAS MANOS

Una perspectiva de los talleres de divulgación sin el color de rosa

BERTHA MICHEL SANDOVAL
MIGUEL GARCÍA GUERRERO
Coordinadores



La ciencia en nuestras manos. Una perspectiva de los talleres de divulgación sin el color de rosa

Primera edición, 2014

© Contenido

BERTHA MICHEL SANDOVAL

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

© Características gráficas

TEXERE EDITORES SA DE CV

Coordinación editorial

BERTHA MICHEL SANDOVAL

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

Corrección de estilo

MAGDALENA OKHUYSEN CASAL

Revisión de fuentes

ANA ISIS CARDONA PADILLA

Diseño editorial

SALVADOR EDUARDO POSAS GUZMÁN

Diseño de forros

SALVADOR EDUARDO POSAS GUZMÁN

Responsables de la edición

JUDITH NAVARRO SALAZAR

MAGDALENA OKHUYSEN CASAL

ISBN: 978 607 8028 41 2

Queda prohibida la reproducción de esta obra por cualquier medio o procedimiento, incluidos la reprografía y el tratamiento informático, sin la autorización escrita del coordinador editorial y Texere Editores SA de CV.

AGRADECIMIENTOS

Este libro es posible gracias al apoyo otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través de la convocatoria de apoyo a proyectos de comunicación pública de la ciencia 2012, como parte del “Programa de talleres para recrear la ciencia”. Además, se trata de un esfuerzo que resulta del apoyo continuo que la Universidad Autónoma de Zacatecas ha ofrecido durante los últimos 30 años para el desarrollo de actividades de ciencia recreativa en el Museo de Ciencias. Finalmente, hay que reconocer el papel que han desempeñado instituciones como la Sociedad Mexicana de Física y la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica para iniciar la discusión sobre el trabajo de talleres de divulgación científica y facilitar la construcción de muchas de las ideas y relaciones que dieron vida a este trabajo.



ÍNDICE

- 9 PRESENTACIÓN
- 15 LA DIVULGACIÓN COMO CAMINO A UNA CULTURA CIENTÍFICA
Miguel García Guerrero y Bertha Michel Sandoval
- 49 CIENCIA RECREATIVA: UN RECURSO DIDÁCTICO
PARA ENSEÑAR DELEITANDO
Rafael García Molina
- 95 CARACTERIZACIÓN DE LOS TALLERES DE CIENCIA RECREATIVA
Miguel García Guerrero
- 159 CIENCIA EN CONTEXTO
Bertha Michel Sandoval
- 179 EL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LOS TALLERES DE CIENCIAS
Francisco Javier Alcaraz Ayala
- 189 LOS CLUBES DE CIENCIA
Viridiana Esparza Manrique
- 201 FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS PARA LOS TALLERES
Edgar Arturo Ramos Rambaud
- 211 LA EVALUACIÓN DE LOS TALLERES DE CIENCIA
Luis Meza Arcos



PRESENTACIÓN

Los talleres de ciencia recreativa son un medio de divulgación científica que intenta asignar a los participantes un rol activo dentro de sus procesos, involucrándolos a los niveles físico, emocional y cognitivo. Se puede decir que, en esencia, los talleres rompen con el modelo de déficit presente en otros medios de comunicación pública de la ciencia —en los que un especialista ofrece los conocimientos que deben ser asimilados por los oyentes— para buscar la construcción de un diálogo colectivo en el que los participantes recrean en su contexto los conocimientos científico-tecnológicos abordados en la actividad.

El eje fundamental para conseguir esta recreación son las dinámicas lúdico-experimentales; con ello buscamos que, a través de experimentos, las personas jueguen a ser científicos, a plantear sus ideas sobre el funcionamiento de la naturaleza y a contrastar estas conjeturas con la realidad. Y es que los experimentos son imprescindibles para el trabajo científico: ofrecen las bases para su construcción y se convierten en los principales jueces de su validez. Sin ellos resulta prácticamente imposible concebir la ciencia moderna. Como bien decía Richard Feynman:

El principio de la ciencia, casi la definición, es el siguiente: la prueba de todo conocimiento es el experimento [...] Pero, ¿cuál es la fuente del conocimiento? ¿De dónde proceden las leyes que van a ser puestas a prueba? El experimento por sí mismo ayuda a producir dichas leyes, en el sentido de que nos da sugerencias.

Pero también se necesita imaginación para crear grandes generalizaciones a partir de estas sugerencias: conjeturar las maravillosas, y simples, pero muy extrañas estructuras que hay debajo de todas ellas, y luego experimentar para poner a prueba una vez más si hemos hecho la conjetura correcta.¹

Aunque Feynman se refiere aquí al experimento como parte de la investigación científica, bien podemos trasladar su perspectiva para ayudarnos a definir su papel en los talleres. Un experimento puede ayudar a que personas no especializadas descubran fenómenos ajenos a sus experiencias previas, formulen conjeturas para explicarlos, prueben el mérito de las ideas que han planteado con sus conjeturas y determinen qué tanto se parece lo que han construido a los conceptos científicos reconocidos como válidos. El taller ofrece la oportunidad de recrear la ciencia en cuanto a sus conocimientos y también en su forma de trabajo.

Por otra parte, debemos recordar que los talleres no se centran en la experiencia del divulgador; al contrario, las actividades se diseñan con el propósito de compartir con los participantes el protagonismo, la pasión, el interés y el manejo del experimento: en un sentido amplio, la intención es poner la ciencia en sus manos.

La idea de usar demostraciones experimentales para recrear la ciencia con el público lego no es nueva; desde la época de Galileo hay antecedentes para el uso de demostraciones públicas orientadas a la construcción social del conocimiento científico y tecnológico; sin embargo, se trató de esfuerzos que,

1. Feynman, *Seis piezas fáciles: la Física explicada por un genio*.

generalmente, se quedaban en comunidades especializadas o círculos sociales privilegiados y que, además, difícilmente asignaban un rol activo a los participantes.

Los talleres de ciencia recreativa, tal como los hemos descrito antes, son dinámicas muy recientes comparados con otros medios de divulgación; surgen y se desarrollan apenas en las últimas décadas del siglo xx. La construcción de la filosofía, fundamentación y metodología de este medio de divulgación científica es aún una obra inconclusa. Puesto que se trata de dinámicas esencialmente prácticas, muchas de las personas involucradas en este medio aún no se deciden a participar en la discusión para dar forma a las bases de los talleres, ya sea porque trabajan con estas dinámicas de forma paralela a otra actividad principal, o porque quedan cautivados por la parte experimental y dedican poco tiempo a la reflexión teórica.

Esto no significa que no se estén produciendo conceptos útiles en el trabajo cotidiano. Con frecuencia, los grupos se forman con conocimientos, tácitos o explícitos, de gran importancia para su labor, aunque en ocasiones no se consiga transmitirlos de forma efectiva a sus colegas. Se trata de una merma sensible en el lado científico de los talleres, los cuales, a pesar de seguir siendo agentes para la construcción social de modelos científicos de otras áreas, rara vez consiguen lo mismo con los conocimientos emanados de su labor de divulgación. Aunque muchos grupos han alcanzado grandes avances, el principal problema radica en lograr que estos trasciendan de forma permanente y logren comunicarse por medios escritos.

Faltan, entonces, elementos de referencia acerca de los talleres. Los nuevos divulgadores encuentran grandes problemas para acceder a materiales o espacios que les faciliten

su formación y su labor; dependen todavía de procesos de prueba y error. El trabajo no inicia con los avances previos logrados por otros colegas, sino que generalmente se parte de cero, terminan por desperdiciarse valiosos esfuerzos para “reinventar la rueda”.

Pocas personas, o grupos, se atreven a realizar aportes para consolidar las bases teóricas de los talleres; pero, ¿qué queda entonces?, ¿esperar a que especialistas ajenos a la comunidad las establezcan? Esto carece de sentido, pues tampoco es lógico pensar en una comunidad que no construye de manera efectiva elementos que le den identidad.

El reto está planteado. Las nuevas generaciones de talleristas tenemos la oportunidad de que nuestras acciones alcancen nuevos niveles de impacto; podemos dar a nuestro esfuerzo una mayor relevancia: trascender la situación aislada y esporádica en la que se encuentra la cultura científica, encontrando los canales adecuados para llevarla a la sociedad de una forma generalizada y constante.

Para estar a la altura de las circunstancias, el divulgador en talleres debe alcanzar un perfil profesional que abarque varios aspectos: desarrollar su capacidad de reclutar y educar nuevos recursos humanos, dar sustento teórico a su trabajo, investigar y producir conocimientos sobre los procesos que lleva a cabo, así como evaluar sus actividades. Estos elementos demandan capacidad, compromiso y dedicación para una aplicación exitosa.

Finalmente, todas estas necesidades urgentes deben ser atendidas sin dejar de realizar talleres; el divulgador debe mantenerse vigente y fiel a la esencia de su medio. De nada serviría la consolidación documental si para conseguirlo se

abandonan las actividades realizadas con el público. No podemos sacrificar las dinámicas para ganar formalidad, por el contrario, se trata de aprovechar la esencia de los talleres y ubicarla en un contexto formal que enriquezca las opciones de la divulgación científica.

Es así que el presente libro, más que una conclusión en sí mismo, busca ser el aporte de un colectivo de personas interesadas por iniciar el diálogo, detonar la reflexión y fomentar la discusión sobre las bases teóricas de los talleres. Muchas de las ideas aquí planteadas manifiestan la responsabilidad que debemos asumir al tener “la ciencia en nuestras manos” como facilitadores de acceso del público no especializado a la ciencia y corresponsables en la construcción social de conocimientos. Esperamos que las ideas aquí planteadas no solo sirvan como posibles respuestas a inquietudes de antiguos y nuevos talleristas, sino que también den pie a cuestionamientos y discusiones que permitan construir nuevas bases para el trabajo de los talleres de ciencia recreativa.



LA DIVULGACIÓN COMO CAMINO A UNA CULTURA CIENTÍFICA

Miguel García Guerrero y Bertha Michel Sandoval
miguel@grupoquark.com, tita@grupoquark.com

Grupo Quark, Museo de Ciencias,
Universidad Autónoma de Zacatecas

Decir que ciencia y sociedad son elementos unidos en muchos aspectos por un estrecho vínculo parecería de pronto un paseo por lo obvio. La socialización es imprescindible para el trabajo científico: es necesario establecer procesos de comunicación para fundamentar, validar y construir modelos con los que seamos capaces de explicar el comportamiento de la naturaleza. La construcción de un nuevo modelo solo es posible cuando se le ha dado a conocer, recreándolo, en una comunidad específica.

Esta comunicación puede presentarse en varios círculos; ya sea el de las personas especializadas en una disciplina específica, la comunidad científica en pleno, o la sociedad en su conjunto. En cualquiera de estos casos, la comunicación resulta un proceso de interacción que contribuye a recrear los conocimientos, en la medida que los enriquece y los vuelve a construir.

Aquí nos interesan, en particular, los nexos existentes entre la ciencia como institución y el resto de la sociedad. En ese sentido, creemos que ambas brindan y reciben beneficios considerables a través de su relación. Para llevar a cabo su labor, la ciencia obtiene apoyo de la sociedad, a través de instituciones

públicas y privadas, y también se alimenta de ella para la formación de sus recursos humanos. A su vez, la sociedad moderna se ha vuelto prácticamente dependiente de productos científicos y tecnológicos de los que difícilmente entiende su origen o su funcionamiento, pero que sustentan su quehacer cotidiano.

La ciencia se ha constituido en un rasgo característico del mundo actual a través de sus productos tecnológicos, uno de los actores protagónicos en el escenario de los tiempos modernos. La vanguardia científica y tecnológica ha probado de manera sobrada su valor como agente catalizador del poderío bélico, económico y, por ende, político; sin embargo, la esencia de la actividad científica sigue siendo un agente oculto para la mayoría de las personas. El limitado conocimiento público sobre la ciencia y la forma en que incide en nuestras vidas, tanto a nivel macro como micro, constituye una ironía sumamente representativa de la cultura moderna. En palabras del divulgador Luis Estrada (2002):

La forma en que la ciencia ejerce esta influencia [en la vida cotidiana] no es clara para la mayoría de la gente y lo que se ha logrado con la investigación científica es prácticamente desconocido. Casi nadie duda que la ciencia es importante aunque solo unos cuantos puedan dar razones para poner en claro tal importancia.

El puente de diálogo entre ciencia y sociedad se mantiene como una obra inconclusa. La mayoría de las actividades de comunicación científica están limitadas a sectores muy específicos de la sociedad, de los que la gran mayoría de las personas quedan excluidas. Esto sucede, en parte, porque no es una prioridad para los investigadores dar a conocer sus resultados más allá

de sus colegas. Generalmente, el investigador trabaja para construir nuevos conocimientos a través de un proceso de validación y retroalimentación desarrollado en una comunidad de pares; su participación en el proceso de comunicación se limita a las revistas especializadas, que no solo excluyen al público en general, sino a la comunidad científica dedicada a ramas del conocimiento distintas a la del investigador.

La ciencia —dice Merton (1984)— “es conocimiento público, no privado...” Es precisamente el público quien disfruta, obtiene beneficios de dicho conocimiento y, en la mayoría de los casos, financia el proceso de investigación; sin embargo, aunque se intuye una necesidad intrínseca de socialización en el trabajo del investigador, hay que considerar también que a los científicos no les interesa obtener validación de los conceptos que han producido a través de la sociedad en general, sino a través de sus colegas.

De hecho, muchos investigadores no le encuentran sentido a los esfuerzos orientados a facilitar el acceso a la ciencia y mucho menos a la idea de extender la construcción de conocimientos científicos al público no especializado; en el mundo de la ciencia, se les llega a ver incluso como actividades de segunda. Hay notables científicos-divulgadores, como Arthur Eddington e Isaac Asimov;² aun así, siguen siendo pocos, aunque valiosos, quienes han dado a conocer su trabajo y el de otros al público no especializado, además de continuar con el desarrollo de su

2. Asimov “pagaría caro” su compromiso con la divulgación —y con la ciencia ficción—, ya que el jefe del departamento de bioquímica de la Universidad de Boston, donde Asimov trabajaba, le exigió la renuncia al considerar que sus actividades extracurriculares eran un obstáculo en el desarrollo de su carrera científica.

labor de investigación. Este desprecio por la comunicación de la ciencia dirigida a los “legos” fomenta una profunda disparidad entre el conocimiento producido y el divulgado.

¿Existe una brecha?

Con frecuencia, los divulgadores consideramos el abismo ciencia–sociedad como algo tan evidente que ni siquiera nos molestamos en justificar su existencia o mostrar que en realidad existe. ¿Pero, existe realmente? Hay quien piensa que no:

Se da por sentado que los rápidos avances de la investigación científica, combinados con su creciente especialización y mayor lenguaje técnico, profundizan el abismo entre los científicos y el público profano. Entonces, la necesidad de la comunicación pública de la ciencia es un efecto secundario de la creatividad científica (...). Análisis críticos de las perspectivas y prácticas tradicionales de la comunicación de la ciencia presentan la brecha como una entidad ideológica creada por los divulgadores científicos para posicionarse a sí mismos como mediadores. De hecho, inventaron y reforzaron la brecha que pretenden disminuir (Bensaude–Vincent, 2001).

Entonces, si la brecha no está ahí, sino que responde a una necesidad creada, los divulgadores no tienen razón de existir, pues no solo no facilitan el acercamiento al conocimiento, sino que se convierten en obstáculos entre los nexos ciencia–sociedad.

Aunque la noción de una brecha inventada y reforzada por los divulgadores parece exagerada, es cierto que hace falta justificar el principio básico que da sentido a los esfuerzos de comunicación científica para el público no especializado; para

ello, nos apoyaremos en un concepto muy conocido en el análisis social de la ciencia: los paradigmas de Kuhn. Para partir de un punto en común, “paradigma”³ será considerado aquí como el conjunto de “realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica” (Kuhn, 1971). Los paradigmas representan los cimientos sobre los que se construyen los modelos aceptados y coherentes que explican el comportamiento de los fenómenos naturales; su validez está fuera de toda duda —claro, hasta que se presente una potencial revolución que establezca un nuevo paradigma— con lo que integran la formación indispensable de un área del conocimiento.

Como resultado del alto grado de especialización alcanzado por la ciencia, existe un gran número de áreas o disciplinas científicas con paradigmas propios; de manera recíproca, cada área cuenta con especialistas formados a partir de tales paradigmas. Aquí aparece un segundo sentido que el propio Kuhn le asigna al concepto de paradigma: además de su rol como piedra angular teórica de una disciplina, se puede ver como un elemento de definición e integración social:

Un paradigma es lo que comparten los miembros de una comunidad científica y, a la inversa, una comunidad científica consta de personas que comparten un paradigma [...] Las

3. “Paradigma” es una de las palabras más famosas de la sociología del siglo xx. El concepto, derivado casi siempre de la obra de Kuhn, no ha estado exento de controversias, debido a que diversos autores critican a Kuhn el hecho de que, en su libro sobre las revoluciones científicas, “paradigma” haya sido utilizado con múltiples significados; por ejemplo, la lingüista Margaret Masterman llegó a identificar hasta 21 acepciones de “paradigma”. Kuhn se defendió posteriormente, alegando que él solo había encontrado dos.

comunidades en este sentido existen, por supuesto, en diferentes niveles. El más global es la comunidad de todos los científicos naturales (1971).

De esta forma, se establece un límite claro y explícito entre la comunidad científica, sea en un sentido general o como conjunto de grupos paradigmáticos menores, y el público no especializado. Por un lado estamos nosotros contra el “allá” donde están ellos. Aparece un desfase, o una brecha, que separa —en un sentido cognitivo— a los científicos del resto de la sociedad. Esto no implica, de ninguna manera, un aislamiento social; los hombres de ciencia interactúan con las otras personas a un nivel personal, aunque casi nunca lo hagan a un nivel científico.

Hay que aclarar que la existencia de la brecha de ninguna manera representa una restricción para el acceso a la ciencia; en este sentido, no es más que una frontera cognitiva establecida por el acceso a un paradigma: de un lado están los que se lo han apropiado y del otro los que no lo han hecho. Pero la barrera no es fija ni infranqueable, los límites se mueven conforme las personas consiguen acceder al paradigma en cuestión.

Entonces, si “legos” y científicos comparten el mundo y el lenguaje cotidianos, nos parece lógico argumentar que es posible establecer espacios de comunicación entre ellos. A través de la gestión adecuada, los primeros pueden asimilar la esencia de un paradigma específico y los segundos acercarse a conocer los intereses, las dudas y preocupaciones de la sociedad que los apoya y de la que ellos mismos forman parte.

¿Cuál sería el gestor ideal? Pues los propios científicos, pensaría uno; sin embargo, ellos mismos arguyen que difícilmente cuentan con el tiempo necesario para adquirir las herramientas

que les permitan comunicar la ciencia al público desde una perspectiva cercana a la del investigador. Surge luego la necesidad de emprendedores capaces de mediar entre estas dos comunidades para permitir que las personas asuman la perspectiva científica y puedan reconstruir los conocimientos en un ambiente que no les resulte extraño o ajeno.

Cuando hablamos de un proceso de mediación, nos referimos a una especie de traducción en la que se dan a conocer los elementos de un paradigma con un código que pueda reconocer el receptor; se facilita el acceso a los conceptos aunque no necesariamente se consiga dar sentido a toda la información. La traducción no conlleva un sentido literal, sino que debe contextualizarse en el medio en el que se lleva a cabo, aun cuando deba sacrificarse exactitud y —a veces— contenido. Se trata, en todo caso, de un proceso intersemiótico que “permite la circulación del significado a partir de un conjunto de adecuaciones estructurales, somáticas y formales” (Cid, 2008).

Ahora bien, el sistema de comunicación que se forma tiene, necesariamente, una intención, y esta no es la formación de nuevos científicos, ya que una tarea como esta se confina a las instancias formales. “Traducir una teoría o visión del mundo al propio lenguaje no significa apropiársela, pues para ello es preciso convertirse en un nativo” (Kuhn, 1971). Así pues, no practicamos la comunicación científica con el objetivo específico de crear, formar o producir científicos. Ante todo, se buscan puentes que hagan posible un lazo de unión entre dos comunidades separadas por la falta de un lenguaje común.

Los esfuerzos de comunicación científica siguen siendo insuficientes para impactar cualitativa y cuantitativamente al público lego. La brecha entre ciencia y sociedad parece acentuarse con

base en dos factores fundamentales: la falta de contacto entre ambas esferas, y el progreso continuo de la ciencia. Pero no es que se haga más difícil acceder a los conocimientos científicos, lo que pasa es que existen más cosas por conocer y más grados de especialización. Para acceder a principios científicos de punta generalmente es necesario apropiarse varios paradigmas, pasar por varias fronteras. Además, y esto es importante, ya no se trata solo de un fenómeno de la ciencia hacia fuera, también se presenta entre las diferentes comunidades paradigmáticas:

A medida que avanzó el tiempo, cada vez fue más necesario para el científico limitarse a una parte del saber, si deseaba profundizar intensamente en él. Se impuso la especialización en la Ciencia, debido a su propio e inexorable crecimiento. Y con cada generación de científicos esta especialización fue creciendo e intensificándose cada vez más (Asimov, 1985).

Cotidianamente se producen nuevos conocimientos —y aun nuevos paradigmas— en diversas áreas. Hemos llegado al punto en que, incluso, científicos de un área no conocen información básica de las otras, ni qué decir de los aspectos de frontera. La comunidad científica se apropia constantemente nuevos territorios cognitivos y, al hacerlo, crece la distancia que existe con el público no especializado. A ello hay que agregar el hecho de que la comunicación con los legos no se ha desarrollado proporcionalmente: los espacios de divulgación no han sido capaces de crecer al mismo ritmo que los conocimientos producidos por la ciencia y la tecnología.

Resulta muy complicado para el público no especializado mantenerse al día con los nuevos descubrimientos, incluso

asimilar la esencia de las teorías establecidas o reconocer las actividades científicas propiamente dichas. Así, vemos que el avance del conocimiento científico se ha acelerado de manera considerable, mientras que la mayoría de los canales en los que se dan a conocer los avances se encuentran fuera del alcance social, al menos a un nivel cognitivo. La ciencia, sus conocimientos y productos se convierten en una caja negra para la mayoría de las personas. Paulatinamente, se presenta un regreso al pensamiento mágico, iniciando con los sucesos y aparatos cotidianos e involucrando también a los científicos y su labor.

Los científicos han llegado a ser contemplados casi como magos, y [son] temidos, en lugar de admirados. Y la impresión de que la Ciencia es algo mágico e incomprensible, alcanzable solo para unos cuantos elegidos, sospechosamente distintos a la especie humana corriente, ha llevado a muchos jóvenes a apartarse del camino científico (Asimov, 1985).

Este distanciamiento impacta considerablemente en la comprensión que el público pueda tener de la ciencia, de sus procesos, alcances y necesidades. También incide, como señala Asimov, en el desarrollo de las vocaciones científicas. Resulta muy complicado que los jóvenes se interesen por involucrarse en una actividad que no conocen y que inclusive temen.

Nos encontramos, pues, ante un problema de visibilidad social de la labor científica. A diferencia de otras carreras, cuyos profesionales vemos constantemente en acción, los investigadores realizan su trabajo de manera aislada, “encerrados” en sus centros de trabajo. Para el grueso de la población, la labor

científica resulta algo oscuro y abstracto. Llegamos al punto en que “la ciencia es una parte oculta de la cultura contemporánea y es necesario corregir esta anomalía” (Estrada, 2002); sin embargo, la dinámica propia de la investigación científica, con sus sistemas de validación y recompensas, limita considerablemente la participación directa de los investigadores en el esfuerzo por comunicarse con el público; aunque es de vital importancia que se involucren con personas no especializadas, incluidos científicos de otras áreas, están establecidas dos disciplinas específicas dedicadas a desempeñar este rol: la comunicación y la educación científicas.

Si bien ambas disciplinas incluyen facetas en que se realizan labores especializadas, casi exclusivas para los investigadores, también es cierto que se contemplan formas de acercar la ciencia y la tecnología al público no especializado. En los siguientes apartados, abordaremos el trabajo realizado por la comunicación y la educación científicas, al tiempo que introduciremos en escena un agente fundamental para la interacción cognitiva entre ciencia y sociedad: la divulgación científica.

Comunicación científica

La ciencia, en virtud de su naturaleza social, desarrolla múltiples procesos de comunicación necesarios para sus actividades: existen vínculos de los científicos con colegas, docentes, directivos, editores, políticos, patrocinadores, etcétera; en lo que se refiere al intercambio de la información, cada una de estas relaciones conlleva aspectos específicos que la caracterizan y le permiten desarrollarse de manera exitosa.

Desde una perspectiva simplista, comunicar implica la interacción entre dos seres que establecen un flujo de información;

sin embargo, “la comunicación no es simplemente un proceso de transmisión de información entre un emisor y un receptor. La comunicación es un proceso en el que existe un contexto que le da sentido, cuyo significado depende en gran medida de las expectativas del receptor” (Trigueros, 2002).

El contexto juega un rol fundamental en todo proceso de comunicación, pero su valor aumenta considerablemente en el caso específico de la ciencia: no solo se refiere a los factores sociales implícitos en quienes se comunican, sino que necesariamente entra en juego la formación de cada uno. Al tratarse de procesos de comunicación de información especializada —como puede considerarse la información asociada con la ciencia— se vuelven protagonistas los contextos disciplinares, los símbolos y lenguajes específicos de diferentes áreas; tales elementos se convierten en la clave para establecer los diferentes formatos de comunicación científica.

Podemos distinguir la difusión y la divulgación como dos claras modalidades de comunicación científica; esta distinción está dada en función de las características de quienes establecen el proceso. Es posible considerar, además, dos casos de distorsión de la comunicación de la ciencia que merecen ser abordados por el impacto que pueden llegar a tener en la comprensión del conocimiento científico y tecnológico por parte del público: vulgarización y divulgamiento.

Difusión

Cada área de la ciencia requiere una formación específica para sus investigadores, formación que les permite apropiarse de un modelo que, además del conocimiento científico elemental del área, incluye lecciones y códigos básicos para su trabajo posterior.

Una comunidad científica consta de profesionales de una especialidad científica. En una medida sin parangón en la mayoría de los demás campos, estas personas han pasado por procesos semejantes de educación e iniciación profesional, merced a lo cual han absorbido la misma bibliografía técnica, extrayendo de ella muchas lecciones en común (Kuhn, 1971).

Además de compartir teorías científicas fundamentales para su área del conocimiento, los especialistas comparten códigos científicos específicos para optimizar su comunicación. El uso de estos códigos facilita considerablemente la interacción académica entre pares, pero en la mayoría de los casos es ininteligible para los profanos. Es lo que Luis Estrada define como difusión: “Cuando se trata de la propagación del conocimiento entre especialistas, por ejemplo, cuando se publican los resultados de una investigación, se emplea la palabra ‘difusión’” (Estrada, 2002).

Aun así, puede haber personas que no cuenten con la formación disciplinar específica pero que sean capaces de asimilar favorablemente los conocimientos en cuestión; esto se debe a que cuentan con información necesaria para entenderlos. En todo caso, la difusión “presupone que el destinatario de un mensaje conoce el tema, aunque no sea un experto” (Calvo, 2006).

La difusión es la modalidad de comunicación especializada por excelencia, es la que usan los medios de comunicación entre científicos —revistas, libros, congresos, etcétera— para optimizar los espacios con los que cuentan. Facilita considerablemente la reconstrucción de conocimientos científicos entre personas que comparten un paradigma. Cuando nos referimos a la difusión como la transmisión exitosa de significados, es necesario que se dé entre pares, en una comunidad casi siempre cerrada

y cuyos códigos son compartidos. Por esta razón, la difusión orientada al acercamiento del universo científico al público no especializado no funciona, y no porque el acceso al conocimiento científico sea complicado *per se*, sino, simplemente, porque se trata de una modalidad de comunicación equivocada.

Divulgación

La mayoría de las personas no contamos con información suficiente para entender los conocimientos dados a conocer a través de la difusión; incluso, la mayoría de los científicos no son capaces de asimilar por completo temas comunes en disciplinas ajenas a las suyas. Esto se convierte en un problema cuando consideramos que los científicos no solo precisan dar a conocer el trabajo a sus pares, sino que también requieren comunicarlo a las autoridades de sus instituciones, políticos y otros niveles de público no especializado que, sobre todo en países como México, son los patrocinadores directos o indirectos de la labor del científico.

En estos casos es necesario contar con una modalidad efectiva de comunicación a la cual llamamos divulgación. “En la divulgación se parte, en general, de que el mensaje se dirige a un público formado por personas de muy distinta preparación y este es el caso de la divulgación que hacen algunos científicos para informar al público de los resultados de sus investigaciones” (Calvo, 2006).

Así, generalmente se denomina como “divulgación” el proceso de comunicación que facilita el acceso del público no especializado a diferentes aspectos de la ciencia y la tecnología. Esto incluye los conocimientos científico-técnicos, pero no se limita a ellos; además, contempla valores, habilidades y actitudes.

La palabra divulgación no siempre es bien recibida debido al uso peyorativo que algunos hacen de su raíz lingüística, *vulgo*; es así que también la podemos encontrar referida como popularización, comunicación social de la ciencia, etcétera. En todo caso, es la misma idea expresada con distintas palabras, y en el presente capítulo hemos optado por mantener el uso del término divulgación.

La divulgación incluye otros esfuerzos para hacer accesible la ciencia al público: “La tarea de divulgación consiste en *recontextualizar* en una situación comunicativa común (para una audiencia leiga y masiva, con medios diferentes, etcétera) un conocimiento previamente construido en contextos especializados” (Blanco, 2004).

Divulgar la ciencia tiene que ver con establecer una comunicación pertinente entre la ciencia y el público no especializado, o sectores específicos de este. Esto implica considerar las condiciones de las personas a las que nos dirigimos para mediar su realidad entre los contextos cotidiano y científico. Mientras a la difusión no le interesan las características del receptor, pues parte del supuesto de un paradigma compartido, la divulgación requiere considerar las características específicas de su público para ser efectiva; de esta manera, se intenta amortiguar el problema de exclusión científica del público no especializado, al aproximarlos a los paradigmas. En las actividades de la divulgación se busca mediar la perspectiva de los integrantes de la comunidad científica con un contexto familiar para los participantes y, al mismo tiempo, asociar los conceptos científicos a las condiciones de las personas involucradas para facilitar así la recreación de conocimientos; no solo se trata de un traslado de resultados, viene implicado cierto protagonismo del público.

La divulgación científico–tecnológica resulta entonces un concepto que va más allá de la creación de un puente cognitivo entre el conocimiento especializado y la sociedad: busca que las personas construyan una relación permanente con la ciencia y la tecnología. A final de cuentas, divulgar implica hacer partícipe a la sociedad —o al menos a algunos de sus sectores— de la construcción de conceptos científicos al permitirles recrearlos, validarlos, apropiárselos y aprovecharlos.

Vulgarización

En algunas ocasiones, el proceso para recontextualizar los conceptos de la ciencia llega a extralimitarse, y termina por despojar de su naturaleza científica los conocimientos construidos. Es decir, se intenta hacer la ciencia tan accesible que las experiencias y los conocimientos desarrollados a través de la comunicación pierden toda relación con el contexto científico. Es así que la vulgarización resulta ser la modalidad opuesta a la difusión: se “desmenuza” tanto el conocimiento que termina adquiriendo una naturaleza vulgar. Esto ocurre con frecuencia cuando se trasladan términos científicos a espacios comunes sin una justificación válida, o bien cuando se llevan a contextos que no tienen nada que ver con su esencia original.

Generalmente, el origen de la vulgarización se encuentra en el hecho de subestimar al público; el supuesto divulgador piensa que la ciencia es complicada por naturaleza y que se encuentra en una zona más allá de la capacidad de quien lo escucha; por lo mismo, debe “bajar el nivel” de lo que comunica. Con frecuencia, “bajar el nivel” da como resultado conceptos absurdos e historias sin sentido. La vulgarización no hace uso de la traducción, sino de la simplificación extrema y descontextualizada.

Carece de sentido hacer accesible la información al grado de distorsionar el fondo. Es clave mantener la comunicación fiel a la esencia científica ya que, en este tipo de situaciones, los participantes desarrollan un falso sentido de conocimiento y cercanía con la ciencia, el cual tarde o temprano termina por romperse; esto conduce a un desencanto y a una eventual separación de la ciencia.

Divulgamiento

El “divulgamiento” no es un concepto que exista hasta ahora en la literatura de la comunicación científica; de hecho, ni siquiera es un término reconocido como palabra; sin embargo, lo usamos para caracterizar algunos procesos de distorsión de conceptos, modelos o conocimientos científicos. Cuando quienes intentan desarrollar un proceso de comunicación científica tienen una preparación deficiente, ocurren casos en que la información dada a conocer es falsa. Lo que da lugar al divulgamiento no es, como en el caso anterior, un excesivo esfuerzo de simplificación, sino el uso de conceptos erróneos.

Situaciones de divulgamiento se presentan si un agente de divulgación se extralimita, intentando abordar temas que no domina; cuando el público plantea preguntas que van más allá de la preparación del divulgador, aun así este se aventura a dar una respuesta. Es por eso que, frente a casos de este tipo, la respuesta indispensable de un divulgador es: “no sé”. Aceptar la propia ignorancia es también una forma de recrear el hecho científico, que generalmente empieza por un fenómeno del que se desconocen las características, al que sigue la búsqueda de respuestas.

También son considerados casos de divulgamiento aquellos en los que, de manera premeditada, se usa información

seudocientífica para obtener un lucro o beneficio; esto ocurre de manera recurrente en pautas publicitarias de diferentes productos —probados *científicamente*— así como en actividades como la astrología y la llamada “ufología” (el estudio de los objetos voladores no identificados). “Podemos definir como divulgamiento de la ciencia todas las actividades que deberían hacer divulgación pero terminan propiciando la construcción de conocimientos con base en información falsa o errónea” (García, 2008).

En teoría, el divulgamiento puede afectar tanto a la divulgación como a la difusión; sin embargo, los procesos de revisión propios de la ciencia ejercen un mayor control sobre lo que se da a conocer a través de los canales especializados. En la inmensa mayoría de los casos, la situación se presenta en esfuerzos dirigidos al público no especializado.

Educación científica

En un mundo lleno de los productos de la investigación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos. Todos necesitan utilizar información científica para tomar las decisiones que brotan cada día. Todos necesitan ser capaces de participar de forma inteligente en el discurso y el debate público sobre los temas importantes que involucran la ciencia y la tecnología. Y todos merecen compartir la emoción y satisfacción personal que produce comprender y aprender acerca del mundo natural.

In a world filled with the products of scientific inquiry, scientific literacy has become a necessity for everyone. Everyone needs to use scientific information to make choices that arise every day. Everyone needs to be able to engage intelligently in public

discourse and debate about important issues that involve science and technology. And everyone deserves to share in the excitement and personal fulfillment that can come from understanding and learning about the natural world.

NATIONAL SCIENCE EDUCATION STANDARDS USA

De acuerdo con la clasificación internacional estándar de educación, la educación se entiende como una “comunicación organizada y sostenida, diseñada para producir un aprendizaje” (Hamadache, 1995). Esta definición, obligada quizá por la necesidad misma de su universalidad, puede parecer un poco restrictiva y, al mismo tiempo, demasiado general. El mismo Hamadache se atreve a ampliarla definiéndola como “cualquier cosa dirigida a producir cambios en las actitudes y modelos de conducta de los individuos, dado que, para que este cambio ocurra, ellos tienen que necesariamente haber adquirido nuevos conocimientos, destrezas y habilidades” (1995).

En este sentido, educación se empareja con cambio, y cambio con adquisición de un conjunto de elementos que lo producen; es decir, no se puede cambiar si no es a través de la modificación de lo que somos, lo que sabemos y lo que hacemos.

La educación es un proceso indispensable para la ciencia, le permite perpetuarse a través de la formación de nuevos recursos humanos que la mantienen activa al tiempo que amplían sus fronteras. Los futuros científicos son instruidos en los paradigmas de sus disciplinas para elaborar nuevos trabajos a partir de estos mismos paradigmas, o bien, para conseguir algo mucho más raro: revolucionarlos; sin embargo, buena parte de la educación científica no va dirigida a futuros hombres de ciencia. La formación en los niveles básicos impacta a un gran número

de personas que nunca se dedicarán de manera profesional a la investigación pero que igualmente requieren una adecuada formación en la materia. De una u otra manera, la mayoría de las personas hemos tenido contactos con la ciencia a través de la educación; se trata de un gran espacio de acceso al conocimiento científico, aunque su eficiencia no siempre es la deseada.

La educación científica es el proceso formativo que hace posible el acceso de los individuos a la ciencia en contextos específicos. Incluye desde la formación inicial hasta los abordajes más especializados. Puede tratarse de un niño conociendo los principios asociados a los fenómenos que lo rodean o un investigador profundizando en un paradigma específico. Es labor de la educación científica hacer posible la adquisición de conocimientos, destrezas y habilidades pertinentes con un entorno científico concreto.

Modalidades

El concepto de modalidades de la educación tiene su origen en la “International Conference on World Crisis in Education”, que se celebró en 1967, en Williamsburg, Virginia (Estados Unidos). En esa ocasión, P. H. Coombs, entonces director del “Instituto Internacional de Planeamiento de la Educación” de la UNESCO, presentó un documento base en el que se analiza la necesidad de nuevos procesos educativos fuera del sistema tradicional (Doddoli, 2007).

Menos de una década más tarde, el mismo Coombs y su colaborador, Mazoor Ahmed, publicarían su obra más citada: *Attacking Rural Poverty: How Non Formal Education can Help*. Ahí los autores sientan las bases de las definiciones más aceptadas de las modalidades en educación.

Según la definición de Coombs y Ahmed (1975), podemos clasificar la educación en tres modalidades: educación formal, educación no formal y educación informal. Esta clasificación busca ser exhaustiva, por lo tanto se deduce que la suma de la educación formal, no formal e informal tendría que abarcar todo el universo educativo. Cabe señalar que aunque los términos no formal e informal resultan equivalentes en materia de lingüística, en lo educativo están bien delimitados.

Educación formal

Es impartida institucionalmente, siguiendo programas curriculares establecidos. Se caracteriza por su intencionalidad, continuidad y obligatoriedad en ciertos niveles. La encontramos en el sistema escolarizado con el que estamos bien familiarizados.

Para la mayoría de las personas, el primer contacto con la ciencia —frecuentemente también el único— se presenta en la escuela. Aunque, por cuestiones de alcance y cobertura, esto parecería una ventaja para facilitar el acceso a la ciencia, termina convirtiéndose en un nuevo elemento para complicarlo. La manera en que la ciencia es presentada en el sistema educativo formal dificulta que los educandos se acerquen a tener una idea clara de ella, de sus actividades y del mismo conocimiento científico; esto se debe al predominio de un enfoque teórico y abstracto que complica la formación de vínculos con los participantes. Actualmente, son muy escasas las dinámicas prácticas en el aprendizaje de la ciencia.

Aunque resulta ingenuo aspirar a realmente hacer ciencia en los procesos educativos, es importante proyectar modelos de la actividad científica en dinámicas en las que los participantes asuman un papel activo. Tanto los modos de

presentación del conocimiento como la actitud del docente en la educación científica formal requieren una revisión, especialmente en los niveles básicos. El profesor no necesita ser una figura infalible, con todas las respuestas y soportando el peso completo del proceso educativo; en todo caso, su rol requiere orientarse al de un guía de investigación que comparte la responsabilidad con los educandos.

Frecuentemente, se concibe el conocimiento científico como una obra terminada, culminada e inmutable, pero la ciencia es un proceso de construcción permanente que complementa, e incluso modifica, el cúmulo de conocimientos existentes. También hay que dejar claro que la información científica, aunque tenga una validez aceptada, no tiene porque ser incuestionable. Como reflejo de la actividad científica, conviene desarrollar en los estudiantes una actitud escéptica que les permita asimilar los conocimientos de forma crítica y entenderlos a fondo en el proceso; sin embargo, los objetivos planteados entran en conflicto con muchas de las condiciones y necesidades del sistema escolar, por lo que se hace necesario involucrar esfuerzos sistemáticos dirigidos a apoyar la educación formal en estos y otros retos.

Educación no formal

Las actividades planeadas, organizadas y estructuradas para lograr un conjunto bien definido de objetivos de aprendizaje, pero ajenas a los programas escolares son las que conforman la educación no formal. Frecuentemente, son impulsadas por instituciones, aunque también pueden realizarse de manera independiente.

La educación no formal representa un eje fundamental para el aprendizaje a lo largo de toda la vida. Aunque para la mayoría de las personas la educación científica concluye

con la escuela, existe una amplia gama de actividades no formales con las que una persona puede mantener vigente su educación; representan una oportunidad de complementar la escuela, sea de manera paralela o independiente a las labores cotidianas de cada participante. Los procesos de educación no formales buscan facilitar a los participantes el acceso a actividades en un entorno pertinente con su realidad.

La divulgación desempeña un rol clave en la educación científica no formal dirigida al público lego. Si bien no toda la divulgación persigue fines educativos, toda la educación científica no formal requiere de divulgación. Así, este formato de comunicación científica se vincula de manera directa con la educación, estableciendo con ella relaciones funcionales. De acuerdo con Roquelpo (citado por Calvo, 2002), hay cuatro tipos de relaciones entre los divulgadores y la enseñanza:

1. Complementariedad. Busca eliminar el creciente desfase entre los programas escolares y el conocimiento científico, dando respuesta a la necesidad de actualización y especialización por parte de estudiantes y docentes.
2. Dependencia directa. En algunos casos, la divulgación solo es accesible para quienes cuentan con cierta formación mínima, lo que establece que la comunicación pública de la ciencia está asociada directamente con la educación formal.
3. Dependencia negativa. Se presenta por limitantes de visión, o sesgo, que pueden ser impuestas en un proceso de divulgación mal encaminado; o por las preconcepciones, o mitos, que bloquean a las personas al oír hablar de ciencia.

4. Dependencia inversa. Hace referencia a la creciente participación de profesores, que incluso involucran a sus grupos en procesos de divulgación: visitas a museos y exposiciones, lectura de libros y revistas de divulgación, proyección de documentales y desarrollo de talleres recreativos.

Educación informal

Resulta de las actividades cotidianas y de los sucesos no planeados explícitamente con un fin educativo; todas las vivencias y experiencias de nuestras vidas aportan a esta modalidad de educación. Si bien muchas veces es considerada como un formato menor, la educación informal representa un valor de gran importancia: surge de la individualidad y apropiación del proceso de aprendizaje, y provee contexto y pertinencia a las actividades desarrolladas en las modalidades formal y no formal. La educación científica debe poner mucha atención en las experiencias asociadas con la educación informal para facilitar el desarrollo de sus procesos que, dado que no fueron planeados de manera externa, son procesos de adquisición de conocimientos intrínsecamente ligados al individuo y a su contexto.

En resumen, la educación formal está organizada y estructurada, diseñada para un grupo meta identificable y con un conjunto específico de objetivos de aprendizaje. Es institucional y conlleva una acreditación oficial. La educación no formal es organizada y estructurada, tiene objetivos específicos, aunque no siempre son de aprendizaje; puede o no ser institucional y, por lo general, no conlleva una acreditación oficial. La educación informal no está organizada ni estructurada, no tiene objetivos específicos, no es institucional y no conlleva una acreditación oficial.

Objetivos de la educación científica

Aunque los objetivos de la educación científica varían de manera considerable entre modalidades y niveles educativos, existen amplias líneas de trabajo que engloban metas específicas. Blanco (2004) plantea dos grandes finalidades para la educación científica: la formación de científicos y la mejora del nivel de conocimientos científicos de los ciudadanos.

Aunque por mucho tiempo se desarrolló un proceso único de educación científica, cuya prioridad estaba visiblemente cargada hacia la formación de especialistas, en años recientes la atención ha tomado un giro para intentar equilibrar los esfuerzos realizados entre las dos líneas.

Los currículos de los años 60 y 70 habían sido efectivos para la formación de una élite cultural (alrededor del 20 % de alumnos que accedían a estudios científicos), pero habían pagado un alto precio colectivo, ya que la mayoría de los estudiantes habían sido incapaces de aprender ciencias o, sencillamente, sentir que esta clase de materias no era para ellos. La prioridad de formar especialistas comienza a dejar paso a la demanda de formar desde un punto de vista científico a todos los ciudadanos (Blanco, 2004).

Es preciso establecer que las dos metas no son irreconciliables, y que el uso de una estrategia adecuada puede impulsar de manera simultánea ambos enfoques; sin embargo, cada caso requiere de acciones específicas—formales y no formales— para su desarrollo.

Formación de científicos

Ya hemos señalado anteriormente la importancia de la educación para la formación de nuevas generaciones de

investigadores; se trata del eje fundamental que se encarga de asegurar la permanencia de la ciencia y su labor indagatoria en la naturaleza. Dicha labor se desarrolla en tres fases fundamentales:

1. Orientación vocacional. Consiste en la detección y desarrollo de intereses científicos en estudiantes de nivel medio y medio superior. Representa el trabajo de atracción de los futuros investigadores, involucrándolos en actividades científicas aun antes de matricularse en una formación superior. La tendencia actual en el sistema escolarizado es equilibrar la formación especializada de un reducido sector de los estudiantes con una formación científica general para todos. Así, el segmento especializado de la orientación vocacional recae en la educación no formal, a través de programas relacionados con la ciencia como certámenes y olimpiadas, clubes, programas de lectura, cursos, talleres, etcétera.

2. Formación profesional. Fase que inicia a los estudiantes en los paradigmas de una disciplina científica específica a través de planes de estudios profesionales debidamente aceptados, adoptados y acreditados. La responsabilidad recae de manera casi completa en la educación formal mientras que los procesos no formales solo aportan elementos complementarios.

3. Actualización permanente. Una vez que un individuo ha concluido su instrucción profesional, con estudios de licenciatura y/o posgrado, entra en la última etapa formativa, una que habrá de durar tanto tiempo cuanto se mantenga dedicada a la ciencia la persona en cuestión. Para llevar a cabo su trabajo,

el científico necesita mantenerse al día en los aportes más recientes desarrollados en su especialidad; esta capacitación se lleva a cabo a través de espacios no formales de alta aceptación y reconocimiento en la comunidad científica: cursos, congresos y publicaciones.

Alfabetización

Contempla un grado de instrucción científica mínima. Se refiere a la adquisición de un cúmulo de elementos —conocimientos, habilidades y actitudes— que permitirán al individuo desenvolverse en la sociedad actual dominada por los productos de la ciencia y la tecnología. Apropiarse de este cúmulo les permitirá a las personas entender la implicación y los límites de la ciencia en su entorno, al tiempo que obtendrán herramientas con las que podrán seguir aprendiendo a lo largo de toda su vida.

Los cimientos de la alfabetización científica se establecen en la educación formal, pero para un desarrollo exitoso se requiere de los aportes de las otras dos modalidades: las experiencias contenidas en la educación informal y los procesos no formales aportados por la divulgación.

La alfabetización es un proceso que inicia en la educación formal con la construcción de los cimientos científicos en los estudiantes, al facilitar el acceso a modelos científicos generales y ofrecer herramientas para acercarse a otros más específicos. En teoría, este proceso debería continuar a lo largo de toda la vida, con el apoyo de la divulgación; sin embargo, en la realidad se encuentran dos grandes obstáculos: la falta de espacios científicos accesibles para el público no especializado y la poca motivación de las personas para aprovechar los esfuerzos de divulgación existentes. La solución de estos problemas requiere

acciones capaces de llevar a cabo una tarea casi utópica: un cambio cultural completo en la forma en que se conciben la ciencia y las actividades que nos acercan a ella.

El ideal de la cultura científica

El esfuerzo de divulgación, en su doble faceta de comunicación y educación no formal, otorga las condiciones para que las personas ejerzan una ciudadanía plena y participen de forma activa e integral en las decisiones que afectan su vida. Así, la importancia de la divulgación científico–tecnológica va más allá de su impacto en la vida del individuo, y se convierte en una herramienta imprescindible para hacer partícipe a la sociedad de las decisiones trascendentes en materia de ciencia y tecnología; este ideal va asociado a una de las grandes metas de la divulgación: el desarrollo de una cultura científica. En este último apartado buscaremos definir este concepto.

Robert Merton (1984), citando a Alfred Weber, establece tres órdenes de fenómenos sociológicos: los de la sociedad, los de la civilización y los de la cultura. La sociedad contempla los elementos de acción entre personas como parte de sus condiciones naturales. Es un entorno social aislado de factores como técnica y valores. Civilización y cultura son actores clave para la sociedad pero resultan esencialmente distintos a ella.

[La civilización] consiste en el cuerpo de conocimiento empírico y científico, y en el conjunto de medios técnicos para el control del hombre y de la naturaleza que se encuentran en toda sociedad. La cultura comprende el esquema de valores, de principios normativos e ideales que sirven para definir lo bueno y lo malo, lo permisible y lo prohibido, lo hermoso y lo feo, lo sagrado y lo profano (Merton, 1984).

Sociedad y cultura son elementos asociados de manera muy estrecha; en cualquier nivel que observemos se encuentran vinculados; sin embargo, la ciencia y la tecnología, elementos clave para la civilización, aún no se encuentran debidamente insertados en estos elementos. Pese al uso generalizado de productos de origen científico–tecnológico, los puentes de la civilización con los otros órdenes de fenómenos sociológicos siguen siendo limitados.

Para hacer posible un cambio en esta situación se requiere una articulación completa entre los tres órdenes definidos por Weber; la idea es buscar un cambio cultural detonado por la comunicación social de la ciencia y la tecnología, por la formación de un estrecho vínculo entre civilización y sociedad.

Como señala Asimov (1985), no es necesario ser un gran escritor o músico para disfrutar de un buen libro o de una canción. Empero, en lo que se refiere a la ciencia, pareciera existir la concepción de que hay que ser un profesional en la materia para disfrutarla. Una persona que desea involucrarse en actividades recreativas generalmente acude a espacios artísticos o deportivos, es mucho más raro que busque el deleite en actividades científicas. La oferta juega un papel fundamental y es preciso ampliar los alcances de la divulgación; sin embargo, estas actividades tienen, por lo general, públicos considerablemente menores a los captados por otros procesos culturales.

La ciencia necesita cautivar en mayor medida a la sociedad, hay que echar a andar un proceso de participación y apropiación pública con el que seamos capaces de incorporar a un número creciente de personas y de provocar una reacción en cadena autosustentable, de manera que las actividades científicas se vuelvan un elemento cotidiano para la sociedad, tal como sucede con el arte y los deportes. El objetivo es fomentar una cultura

científica generalizada. Existe un amplio consenso sobre esta necesidad, empero las concepciones de cultura científica son muy variadas. Para Roberto Hidalgo (2003), “la Cultura Científica puede ser definida como el conocimiento que poseemos de los elementos que integran e interactúan en nuestro entorno”.

Esta visión se limita al vínculo cognoscitivo dado entre civilización y sociedad, sin que exista necesariamente una adecuada apropiación de otros elementos vinculados a la ciencia. Para Elaine Reynoso (2000), implica que el ciudadano entienda el carácter evolutivo del conocimiento y la forma en que este se construye, a la vez que mantiene una mentalidad abierta para comprender el mundo natural y social en que vive. De acuerdo con esta perspectiva, Argelia Ferrer y Gudberto León proponen:

La cultura científica de la sociedad se concreta en la manera como los individuos se relacionan con la actividad científica. Para Zamarrón, una persona con cultura científica requiere contar con información pero también con una preparación y habilidades que le permitan situar el conocimiento en su esencia y su sentido. Entendemos que esto significa una capacidad de análisis y contextualización de lo que sucede en el mundo de la ciencia (2008).

Las personas con cultura científica son aquellas capaces de incorporar —de manera relevante— la ciencia en sus vidas. El contacto cotidiano con la ciencia les permite entender su importancia en el entorno, conocer la forma y el contexto en que se realizan las actividades científicas, valorar su rol social y cultural, así como realizar un análisis informado de los sucesos actuales en la materia.

Conceptos como “clonación”, “hoyo negro”, “nanotecnologías”, “células troncales” o “colesterol”, que otrora

eran totalmente ajenos al entendimiento público, han sido reconstruidos por las personas para incorporarlos en sus estructuras. Podemos, entonces, concebir la divulgación como paso fundamental en la construcción de un concepto o conocimiento científico, un modelo que al mismo tiempo incide en el público al que se dirige, en el elemento abordado y en la misma comunidad que lo originó.

En este contexto, podemos entender la cultura científica como el avance amplio y sustancial de este proceso de construcción de conocimientos, como la extensión creciente e interminable de las fronteras científicas hacia el resto de la sociedad, como la reconstrucción generalizada de la ciencia en todas las personas o en su mayoría, y también como la posibilidad de que estas personas incidan en el camino que toma la ciencia en su sociedad.

La cultura científica generalizada resulta, entonces, el ideal utópico que guía los esfuerzos de la divulgación; si esta es la meta, es indispensable proveer los elementos necesarios para que la educación en ciencias deje de limitarse a los contenidos curriculares actuales, dirigidos solo y exclusivamente a la preparación de aquellos que buscan dedicarse al quehacer científico. Hay que plantearlos como parte de una educación general orientada a formar hombres y mujeres íntegros, capaces de tomar decisiones oportunas y maduras en un mundo permeado por los productos de la ciencia y la tecnología.

Referencias

- ASIMOV, Isaac: *Introducción a la Ciencia*, México, Plaza & Janes, 1985.
- BENSAUDE-Vincent, Bernadette: “A genealogy of the increasing gap between science and the public” en *Public Understanding of Science*, 2001.

- BLANCO López, Ángel: “Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia” en *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de la ciencia*, vol. 1, núm. 2, 2004, pp. 70–86.
- CALVO Hernando, Manuel: “¿Popularización de la ciencia o alfabetización científica?” en *Ciencias* 66, junio 2002.
- _____: Funciones de la divulgación, 2006. <http://www.manuel-calvohernando.es/articulo.php?id=67>
- CID, Alfredo Tenoch: “La intersemiótica: de concepto teórico a campo de estudio y reflexión académicos” en Jesús Octavio Elizondo Martínez (comp.): *Intersemiótica*, México, Universidad Iberoamericana, 2008, pp. 6–9.
- COOMBS, Philip Hall y Manzoor Ahmed: *La lucha contra la pobreza rural: el aporte de la educación no formal*, Madrid, Tecnos, 1975.
- DODDOLI de la Macorra, Consuelo: “Las Conferencias de divulgación como un vehículo de la educación no formal”, X Reunión de la Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe (RED POP–UNESCO) y IV Taller “Ciencia, Comunicación y Sociedad” San José, Costa Rica, 9 al 11 de mayo de 2007, documento electrónico consultado el 28 de septiembre de 2009 en <http://www.cientec.or.cr/pop/2007/MX-ConsueloDoddoli.pdf>.
- ESTRADA, L.: “La divulgación de la ciencia” en Juan Tonda, Ana María Sánchez y Nemesio Chávez: *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2002, pp. 138–139.
- FERRER, Argelia y Gudberto León: “Cultura científica y comunicación de la ciencia” en *Razón y palabra*, núm. 65, 2013.
- FIERRO, Julieta: “Cultura Científica, el placer de entender y crear”, *Ciencia y Desarrollo*, núm. 20, 2003.

- GARCÍA, Miguel: *Ciencia en todos los rincones: manual de divulgación en talleres*, Zacatecas, Universidad Autónoma de Zacatecas, 2008.
- HAMADACHE, Ali: *Taller Relaciones entre la educación formal y la no formal. Implicaciones para el entrenamiento docente*, Kingston, Unesco, 1994.
- HIDALGO, R.: *Exploración de las contribuciones de las actividades extraescolares en la educación científica y tecnológica*, Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2003.
- KUHN, Thomas Samuel: *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 1971.
- MERTON, Robert K.: *Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*, Madrid, Alianza, 1984.
- REYNOSO, E.: “La cultura científica y la comunidad de divulgadores de la ciencia y la técnica” en Juan Tonda, Ana María Sánchez y Nemesio Chávez: *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2002, pp. 280–289.
- SÁBATO, Jorge A.: “El origen de algunas de mis ideas” en H. Ciapuscio (coord.): *Repensando la política tecnológica. Homenaje a Jorge A. Sabato*, Buenos Aires, Nueva Visión, 1994.
- TAGÜEÑA, Julia: “La divulgación de la ciencia en México en el contexto de la América Latina”, *I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, México, OEI, 2006.
- TRIGUEROS, M.: “Un análisis del proceso de comunicación” en Juan Tonda, Ana María Sánchez y Nemesio Chávez: *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2002, pp. 334–335.

ZAMARRÓN, G.: “Divulgación de la ciencia. Un acercamiento”
en Juan Tonda, Ana María Sánchez y Nemesio Chávez:
Antología de la divulgación de la ciencia en México, México,
Universidad Nacional Autónoma de México, 2002, p. 345.



CIENCIA RECREATIVA: UN RECURSO DIDÁCTICO PARA ENSEÑAR DELEITANDO*

Rafael García Molina
rgm@um.es

Departamento de Física, Centro de Investigación en
Óptica y Nanofísica, Universidad de Murcia

La motivación es un factor importante en la praxis cotidiana del proceso de enseñanza–aprendizaje, tanto entre los profesores (para dar a conocer y enseñar) como entre los alumnos (para querer conocer y aprender). Por desgracia, actualmente hay poca motivación por estudiar los contenidos de las disciplinas científicas (entre muchos jóvenes) y cierta desilusión por enseñarlos (entre algunos docentes). En este trabajo, comentaré las posibilidades que ofrece la ciencia recreativa no solo para ayudar a contrarrestar este problema, sino también como recurso didáctico para discutir fenómenos o conceptos de materias científicas, tanto en entornos formales como informales. El éxito de las propuestas docentes desarrolladas con elementos de ciencia recreativa dependerá de los objetivos, del entorno educativo, de las actividades realizadas, etcétera.

En general, encuesta tras encuesta (Echeverría Ezponda *et al.*, 2002; Pérez Manzano *et al.*, 2005; Arroyo Menéndez *et al.*,

*Publicado originalmente en el monográfico sobre ciencia recreativa: *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8 (núm. extraordinario), 370–392, 2011.

2007; Cámara Hurtado *et al.*, 2009; Toharia, 2011), se hace constar que la población valora positivamente la ciencia, sus logros y sus protagonistas; resulta paradójico, entonces, que una mayoría de jóvenes muestre tan poco interés por estudiar materias científicas, especialmente a medida que aumenta la edad de los estudiantes (Vázquez y Manassero, 2008).

La sociedad está acostumbrada a que se organicen cuentacuentos para estimular el gusto por la lectura, sesiones musicales para promover la música, competiciones deportivas para animar a la práctica del deporte; en consonancia con acciones como estas, la ciencia ha encontrado en las denominadas “ferias (semanas, jornadas) de la ciencia” un formato para hacerse visible —y promoverse— ante la sociedad mediante la organización de eventos en los que se realizan experimentos o talleres y juegos científicos ante el público. Muchos de los lectores habrán podido constatar el éxito de este tipo de acontecimientos, los cuales despiertan una enorme expectación entre la población, que acude por millares a visitar estas ferias, con numerosos grupos familiares encabezados por los más jóvenes (que arrastran tras de sí a la parentela: padres, abuelos, primos...)

Aunque la población es receptiva a este tipo de actividades participativas, en las que se muestra la cara más amable de disciplinas tales como la literatura, la música, el deporte o la ciencia, conviene recordar que son necesarias grandes dosis de esfuerzo, disciplina y dedicación para obtener logros destacados en dichas materias.

Incidentalmente, cabe decir que en los siglos XVIII y XIX ya existía el formato de las veladas literarias, musicales o científicas, donde la burguesía se reunía para disfrutar y estar al día

de las últimas novedades. Las exhibiciones científicas también gozaron de enorme popularidad en demostraciones callejeras o en ferias populares (Bensaude-Vincent y Blondel, 2008).

Las actividades que más espectadores atraen en las ferias de la ciencia son aquellas en las que se realizan experimentos sorprendentes y con materiales fáciles de obtener, entre otras cosas porque esto facilita su reproducción por el público interesado. Estas actividades son realizadas no solo por profesionales de la enseñanza, sino también por alumnos tutelados por sus profesores. En particular, este último planteamiento resulta muy positivo, dada la participación activa de los estudiantes, quienes han de aprender previamente lo que luego explican al público. Todo ello, combinado adecuadamente con contenidos formales, convierte este tipo de eventos en un excelente granero de vocaciones científicas. Mi participación en ferias de la ciencia (Murcia, Madrid, Sevilla, Lleida)⁴ me trae al recuerdo una de las frases que más se escucha tras los mostradores de los improvisados laboratorios, dirigida por los alumnos (niños y adolescentes convertidos en científicos) hacia cualquier bicho viviente (joven o adulto) que esté a su alcance: “quiere que se lo explique”; esto demuestra que la realización de actividades científicas prácticas y gratificantes tiene un alto poder motivador en la enseñanza, ya que quienes las coordinan también han de conocer, aunque sea básicamente, los conceptos, teorías o técnicas subyacentes.

En los foros de encuentro que se dan entre profesores para intercambiar experiencias, ideas o propuestas encaminadas a

4. Menciono únicamente aquellas en las que he colaborado y ofrezco disculpas por no citar tantas otras que no he tenido la ocasión de conocer.

mejorar la actividad docente, destaca también la realización de actividades prácticas donde se combinan los aspectos lúdicos con los formativos, tal como se puede constatar en *Science on Stage* (antes *Physics on Stage*), que se organiza a nivel europeo desde 2000, o en *Ciencia en Acción* (antes *Física en Acción*), que se organiza en España desde la misma fecha. La figura 1 muestra algunos ejemplos típicos de las actividades que se desarrollan en las ferias de la ciencia.

Debo indicar que, dada mi formación como físico, en lo que sigue trataré más de física que de otras disciplinas; pero, en términos generales, la mayoría de aspectos que se tratarán son aplicables (con los debidos matices) a la ciencia recreativa en conjunto. Además de las referencias bibliográficas que aparecen al final del artículo, los lectores interesados en recursos de ciencia recreativa pueden encontrar más información en García Molina, 2011.



Figura 1. Izquierda: Alumnos de secundaria muestran y explican los termómetros que han construido con botellas, agua coloreada y popotes, durante la VI Feria Madrid por la Ciencia 2005. Centro: Profesores europeos participantes en el taller *Physics experiments at less than 1 euro*, impartido por el autor de este trabajo en *Science on Stage* 2005. Derecha: Carme Alemany Miralpeix prepara los materiales para obtener figuras anamórficas en *Science on Stage* 2005.

Ciencia recreativa

Las actividades científicas que se han mencionado tienen en común que son espectaculares, divertidas, curiosas, relacionadas con fenómenos cotidianos, ofrecen resultados inesperados, se realizan con materiales fáciles de conseguir, etcétera. Se han de combinar adecuadamente los aspectos lúdicos con los formales, de manera que sirvan tanto para fomentar el interés por la ciencia como su aprendizaje, todo ello en diferentes contextos. Estos son algunos de los aspectos más destacables de la ciencia recreativa, cuyas características y evolución histórica analizaremos brevemente en este apartado.

La *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (en adelante REurEDC) acogió con entusiasmo la idea de publicar materiales sobre ciencia recreativa, a la cual se acordó dedicar una sección, cuyo primer artículo apareció en abril de 2007 (Vol. 4, Núm. 2); en las normas para la presentación de trabajos se establecía el propósito de esta sección: “presentar experiencias científicas u otras actividades que resulten amenas (y, en ocasiones, sorprendentes) a la vez que formativas, y que puedan emplearse por los docentes para estimular el interés por la ciencia y suscitar preguntas que ayuden a comprender los fenómenos y conceptos científicos. [...] Se valorará positivamente la simplicidad de diseño, la sencillez de la construcción y presentación, así como el uso de materiales sencillos y asequibles”.

Estos *ingredientes* se repiten, de una u otra forma, en diferentes textos dedicados a la ciencia recreativa. Desde finales del siglo XVIII abundan los tratados de ciencia recreativa (Nollet, 1770; Ozanam, 1778; Anónimo, 1792; Herpin, 1824; Julia de Fontenelle, 1826; Lasso de la Vega, 1835) que ofrecen “problemas agradables”, “problemas divertidos”, “recreaciones

físicas”, “entretenimientos matemáticos”, “química divertida” o “entretenimientos filosóficos”; sin embargo, su estudio detallado merecería un trabajo específico. Para no resultar prolijo, tan solo reproduciremos algunos fragmentos significativos de autores que abarcan un amplio intervalo temporal:

Esta ciencia se ha hecho un objeto de recreo; a cada momento se puede hacer una aplicación exacta y divertida de sus principios que tiene como embebido el espíritu.⁵

[...] no quitan a Accum el mérito de haber sabido elegir con tan buen discernimiento los experimentos más curiosos de la química; de modo que su obra deber interesar no solo a los químicos e inteligentes sino a toda clase de personas aficionadas al estudio y que quieran instruirse, divirtiéndose al mismo tiempo.⁶

Para realizar este plan he elegido solamente aquellos experimentos que pueden ejecutarse con facilidad, y sin el menor peligro, en un gabinete, y cuya demostración no exige ni aparatos costosos ni instrumentos complicados. Y aunque estos experimentos valdrían ya mucho en el mero hecho de servir de distracción en los momentos de recreo, no me he querido limitar a esto solo y por consiguiente he añadido la explicación de cada uno de ellos, a fin de habilitar al operador en la contemplación de los fenómenos químicos, de modo que pueda sacar partido de sus observaciones, y que considere esta parte como un objeto particular de estudio, si su inclinación le lleva a ello. Muchos años de práctica como catedrático, y la gran costumbre de reflexionar sobre las dificultades que retardan, en general, los progresos de

5. Dedicatoria del traductor.

6. Prólogo del traductor.

los que se dedican al estudio de la química, me han convencido que cuando estos ejecutan por sí mismos las operaciones que presentan los resultados más inesperados y las apariencias más placenteras, fijan mucho más su atención en estos fenómenos que quedan también más firmemente grabados en su memoria que cuando asisten a las cátedras públicas en que escuchan una serie de preceptos puramente teóricos, o solo ven demostraciones demasiado rápidas, no pudiendo ser de otro modo en un curso público (Accum, 1836).

Aun las personas acomodadas y opulentas encontrarán aquí un pasatiempo útil y divertido que amenizará sus largas horas de ocio, y los pondrá en disposición de figurar noblemente en los círculos científicos, artísticos e industriales, favoreciendo con su valimiento y caudales a esos genios, generalmente pobres, que sirven de instrumento a la Providencia para proporcionarnos los elementos que el estado y desarrollo de la humanidad va necesitando. [...] Sin embargo, no se nos ha ocultado que los hombres, sea cualquiera la edad y posición social de cada uno, sentimos comúnmente cierto despego, y alguna vez antipatía, a los estudios laboriosos, serios, y complicados, y he ahí por qué hemos procurado el destruir este obstáculo, redactando el presente *Manual de química divertida*, el cual, haciendo ameno y delicioso este estudio vencerá nuestra pereza y repugnancia por los encantos que encierran sus reducidas páginas, cuyo conjunto ha sido formado de lo más precioso que hemos encontrado en las mejores obras químicas nacionales y extranjeras, pues todas nos han suministrado los principios elementales y las aplicaciones divertidas que publicamos con el doble objeto de aumentar los partidarios de esta ciencia, y de inspirar a nuestros lectores el estudiar los primeros para entrar después con desembarazo en los más profundos arcanos de esta ciencia, y de

repetir, ampliar y perfeccionar por sí mismos las segundas como el mejor medio de adquirir una instrucción sólida sin la menor molestia, *canendo et ridendo*... como escribió uno de nuestros vates⁷ (Vélez de Paredes, 1870).

[Se presenta] un curso completo de Física sin aparato alguno, donde se estudiarán diferentes fenómenos de la gravedad, del calor, de la óptica y de la electricidad, y esto solo con unos vasos y botellas de mesa, una barra de lacre y otros objetos insignificantes que todo el mundo puede hallar a la mano. Una serie de experimentos de Química ejecutados con unas cuantas redomas y productos poco costosos completan esta sección del libro relativa a las ciencias físicas y naturales. [...] La ciencia, bien comprendida, no solo aprovecha para la satisfacción de las necesidades de la vida, sino que además puede servir también de tema o asunto para procurarse diversos entretenimientos o pasatiempos sumamente agradables (Tissandier, 1884).⁸

Utile dulci, decía Horacio. Instruir deleitando, decimos los modernos. Tal es la divisa que nos ha guiado al decidirnos a dar al público la versión castellana de las agradables experiencias de física y de mecánica que Arthur Good, bajo el seudónimo de Tom Tit, ha publicado en *L'illustration* (Tom Tit, 1892).

Dos objetos diversos puede proponerse al lector benévolo al estudiar esta obra, o mejor dicho, a dos categorías diferentes de

7. Se refiere a la frase de Horacio *Canendo et ridendo corrijo mores*, que significa “Cantando y riendo corrijo las costumbres”.

8. Dada la confusa terminología imperante en la época, Tissandier aclara que omite “todo lo concerniente a la física recreativa, o sea, lo que vulgarmente se conoce con el nombre de juegos de prestidigitación o de manos. Estos juegos no constituyen por sí experimento científico alguno, y consisten únicamente en unas cuantas supercherías más o menos ingeniosas, que tienen por objeto disimular el verdadero modo de maniobrar en esta clase de juegos”.

lectores puede interesar este libro. A los que pretenden iniciarse en los estudios de las ciencias físico-mecánicas, que después de esta preparación perderán su aridez e invitarán a penetrar sus verdades pródigas en prácticas y más trascendentales aplicaciones, y en segundo lugar a aquellos que buscan honesto recreo. [...] Cuantas combinaciones y experiencias se dan a conocer en este tomo pueden realizarse con utensilios ordinarios, fáciles de hallar a mano en todas las casas, y el autor, profesor eminente en una de las escuelas municipales de física de París, no olvidando, ni por un momento, la utilidad de sus populares y agradables lecciones, acompaña cada experimento de la explicación científica del mismo, indicando las leyes o fenómenos en que se funda (Tom Tit, 1897).

Frivolidades, experimentos vistosos, curiosidades, paradojas, entretenimientos, correrías por diversos campos científicos, bordeándolos mejor que atravesándolos y no deteniéndose en ninguno. [...] Nadie busque en él [este libro] la exposición de ideas trascendentales o la resolución de problemas de actualidad palpitante. No se escribió con tal fin. [...] Frivolidades, nimiedades, insignificancias, entretenimientos de sobremesa acaso poco merecedores de atraer la atención de las personas mayores; pero dejad que los niños se aficionen a este libro, pues las frivolidades a veces han despertado latentes inteligencias y han revelado insospechadas aptitudes y vocaciones (Estalella, 1918).

El juego y la experimentación gratuita y entusiasta continúan siendo la mejor manera de iniciarse [en las ciencias experimentales]. [...] Es de la cotidianidad de donde se debería derivar siempre los motivos de estudio de las ciencias y a partir de donde habría que estimular la curiosidad por el conocimiento científico. [...] En este libro se pretende recoger un abanico de actividades y temas sugestivos, fáciles de hacer y al alcance de

todos. Son experimentos que no requieren utilaje especial, solamente material casero: cucharas, vasos, tijeras y cinta métrica, por ejemplo (Cuello y Vidal, 1990).

Como puede apreciarse, en los textos anteriores hay varias ideas que se repiten de una u otra forma, y entre las que podemos destacar la sencillez (suelen emplearse materiales accesibles), el propósito educativo combinado con la diversión (instruir deleitando) y la posibilidad de reproducir la actividad por parte de los lectores (el público).

Ciencia recreativa en el contexto educativo

Entre los diversos factores que influyen en la efectividad de la docencia destacan la motivación y el entusiasmo de los profesores (Bulger *et al.*, 2002; Corona Cruz 2008), cualidades que, sin duda, se contagian a los alumnos (Vaello Orts, 2011). Otro elemento importante es la variabilidad en el uso de recursos didácticos durante el desarrollo de las clases (Bulger *et al.*, 2002; Corona Cruz, 2008). Las actividades exploratorias por parte de los alumnos ocupan el primer lugar en el ciclo de aprendizaje propuesto por Karplus y sus colaboradores para maximizar la efectividad del aprendizaje (Karplus, 1969; Karplus *et al.*, 1977; Hewitt, 2004). Debidamente contextualizada en el proceso de enseñanza–aprendizaje, la ciencia recreativa se adapta perfectamente junto con otro tipo de actividades para reforzar los factores antes mencionados.

El adjetivo “recreativa” acompañando al sustantivo “ciencia” no solo se refiere a aquellas experiencias que permiten pasar momentos agradables realizando actividades científicas, lo cual es ideal para captar la atención y estimular el interés del

público por la ciencia, como se comentó en la sección anterior. “Recreativa” también se refiere al hecho de volver a crear (“re-crear”) experiencias científicas utilizando materiales que, en general, suelen ser fácilmente asequibles (globos, botellas, latas, vasos, folios, pilas, palillos, mecheros, lápices, peines, gomas elásticas, cinta adhesiva, clips... y un largo etcétera).

Estimular a los estudiantes para que tengan una actitud positiva y receptiva ante una materia es un proceso educativo importante y a ello puede contribuir la realización de actividades de ciencia recreativa en diferentes formatos, como, por ejemplo, experimentos breves (“un minuto de ciencia”, aunque suelen durar un poco más) y/o en ambientes fuera del aula (“el patio de la ciencia”, o cualquier otro lugar ajeno al ámbito educativo estándar).

Dadas sus características, las actividades de ciencia recreativa son, en esencia, manipulativas, lo cual favorece el aprendizaje científico–tecnológico (Costa y Dorrió, 2010). Además, la introducción de la ciencia recreativa en la práctica pedagógica cotidiana estimula el deseo de los alumnos por conocer (Averbuj, 1986), ya que los hace partícipes del mundo científico. Se ha comprobado que la organización de exposiciones científicas, realizadas conjuntamente entre alumnos y profesores, también contribuye a mejorar las actitudes de los alumnos y de los profesores en el proceso de enseñanza–aprendizaje (Oliva *et al.*, 2004 y 2008).

Supondría una tarea interminable detallar las situaciones propicias en las que es posible implementar experiencias de ciencia recreativa en un contexto educativo. Además de los entornos típicamente académicos (aula o laboratorio), también pueden realizarse actividades de ciencia recreativa en

ambientes relacionados con el ocio (patio, jornadas culturales...). La secuencia temporal y duración de las experiencias admite una amplia gama de posibilidades: sesiones breves (donde predomina el efecto sorpresa) o más extensas (en las que se puede tomar datos, efectuar hipótesis, realizar modificaciones). El protagonismo del profesorado y/o del alumnado en este tipo de actividades puede modularse y repartirse convenientemente. Pero siempre se ha de tener presente que es el profesor quien ha de administrar y adecuar al contexto docente (propósito, entorno) las posibilidades anteriores, para obtener el máximo rendimiento de las actividades que desee desarrollar.

Son varios los niveles educativos que ha incorporado la ciencia recreativa a la práctica docente. En las líneas que siguen mencionaremos algunos ejemplos, sin pretensión de ser exhaustivos y a sabiendas de que se omitirán muchos casos interesantes. Las experiencias de ciencia recreativa, convenientemente seleccionadas y adaptadas en materiales, lenguaje y objetivos, son ideales para la iniciación científica en la etapa preescolar (Bustos Ramón y López Ronquillo, 2004; Liberman, 2010; Vega, 2006; Gené *et al.*, 2007).



Figura 2. Anuncio de un taller de ciencia recreativa (Martínez Moreno *et al.*, 2004), donde se combina la ciencia, el misterio y el juego.

La ciencia recreativa tiene cabida en la enseñanza secundaria en un amplio abanico de formatos. Así, podemos encontrarnos desde el experimento espontáneo y libre, entendido como actividad realizada sin preparación previa y con los medios de que se disponga en cualquier lugar, improvisada en la clase (Ramos González, 1990), hasta los talleres monotemáticos cuidadosamente preparados (Martínez Moreno *et al.*, 2004). La figura 2 muestra el cartel de un taller de ciencia recreativa.

Incluso se ha diseñado un taller de ciencia recreativa para trabajar con alumnos que tienen necesidades educativas especiales (Cuevas Cisneros, 2005). Por supuesto, la realización de cualquiera de estas actividades debe regirse por los criterios de interés, objetivos y oportunidad docentes.

En los planes de estudio de varias universidades aparecen asignaturas de ciencia recreativa. Cursos basados en esta materia también se ofertan en los centros de formación del profesorado. En la tabla 1 se muestra una selección de cursos cuya denominación hace referencia de forma explícita a la ciencia recreativa (Palomera Meroño, 2011).

Asignatura	Universidad	Titulación
Física recreativa	Granada	Libre configuración
Física recreativa	Murcia	Libre configuración
Taller de ciencia recreativa	Sevilla	Maestro (especialidad en educación infantil)

Cursos de Formación del Profesorado	Institución
Ciencia recreativa en la ESO	Comunidad Autónoma de la Región de Murcia
Ciencia recreativa para enseñanza secundaria	Universidad de Burgos
Astronomía popular y física recreativa	Universidad de Alcalá de Henares
Curso taller de investigación de operaciones, modelos matemáticos y física recreativa	Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Perú)

Tabla 1. Asignaturas y cursos de formación relacionados directamente con la ciencia recreativa.

Además de las propuestas docentes que apuestan en forma directa por el uso (convenientemente modulado) de la ciencia recreativa como recurso didáctico, es necesaria su contextualización, análisis y valoración para que desempeñen una función válida en el aula. De esta manera, se puede conocer cómo este tipo de actividades contribuye al aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes. Enseguida se comentan algunos de los trabajos publicados recientemente que abordan dicha temática.

Matos *et al.* (1999) han analizado la experiencia de diseñar, construir y realizar una exposición científica interactiva de manera conjunta entre alumnado y profesorado. Los autores han evaluado el valor didáctico que tiene la ciencia recreativa como recurso para la enseñanza y la motivación del alumnado en el ámbito de las ciencias en contextos escolares y no formales, y

también como centro de interés para el desarrollo profesional docente. La valoración global de la propuesta es positiva, dada su potencialidad educativa.

García Vigil y Meza Arcos (2008) concluyen, entre otras cosas, en su evaluación de experiencias breves de ciencia recreativa realizadas en un museo, que estas actividades son un medio efectivo para estimular, reforzar y desarrollar el interés y el conocimiento por la ciencia, tanto entre el público general como entre docentes y alumnos.

Por su parte, Lozano Lucía (2006) y Solbes *et al.* (2008, 2009) analizan el uso real de las experiencias de ciencia recreativa realizado en la docencia; en concreto, se analiza la percepción de alumnos y profesores hacia este tipo de actividades. Ambos colectivos reconocen el escaso uso de este tipo de actividades y consideran que es un recurso docente interesante. También se concluye que los libros de texto contienen muy pocas propuestas de ciencia recreativa; sin embargo, los resultados de un trabajo reciente (Palomera Meroño, 2011) indican que las actividades de ciencia recreativa en los textos de enseñanza secundaria han experimentado un incremento continuado durante los últimos años.

Si bien de los trabajos anteriores se desprende una valoración positiva, a continuación se reseñan dos trabajos que aportan conclusiones negativas sobre el uso de las experiencias recreativas (sin entrar en matices).

El auge de las actividades de química recreativa en ferias de la ciencia y congresos didácticos ha sido analizado por Jiménez-Liso y de Manuel Torres (2009) en términos de innovación o regresión, según la proximidad a lo cotidiano y el grado de problematización, aspectos presentes en dichas actividades.

La conclusión de los autores sobre las actividades de química recreativa analizadas es negativa, puesto que dejan entrever en el aula una imagen de la química más propia de épocas pasadas, carentes de contenido innovador.

Por su parte, Kubli (2006) se sorprendió de que sus alumnos percibieran como una distracción las actividades experimentales realizadas en clase, incluso las que servían para animar una sesión predominantemente teórica. Los estudiantes no consideraban las experiencias como un componente indispensable de la docencia o como el punto de partida de las deducciones que se pretendían comprender, sino que les servían para reponer fuerzas a la hora de enfrentarse a tareas más arduas, tales como la comprensión de deducciones complicadas. La misma percepción tenían los estudiantes sobre la práctica de intercalar referencias a la vida cotidiana en las clases. Esto denota que la percepción de los estudiantes puede diferir de la intención del profesor.

La opinión anterior contrasta con la exposición de Walter Lewin (2011), quien presenta las valoraciones positivas y entusiastas expresadas por los alumnos que han asistido a sus clases; el profesor Lewin es mundialmente famoso por la realización en directo de demostraciones de física recreativa durante sus clases en el MIT.

De la demostración a la investigación

Las actividades prácticas son un elemento fundamental en la enseñanza de materias científicas; sin embargo, en pocas ocasiones los estudiantes (especialmente los de secundaria) tienen ocasión de realizar una actividad científica experimental, bien por falta de infraestructura, bien por falta de tiempo y, en muchas ocasiones, por falta de interés (lamentablemente).

En el esquema propuesto por Caamaño (2003) para los trabajos prácticos en ciencias, las actividades de ciencia recreativa tienen cabida en tres de los diferentes tipos: las experiencias, los experimentos ilustrativos y las investigaciones. Las experiencias permiten familiarizarse con los fenómenos; suelen ser breves actividades prácticas intercaladas por el profesor durante la típica clase expositiva, para introducir o reforzar algún concepto, fenómeno o ley. Normalmente, este tipo de demostraciones se realiza con materiales muy simples y asequibles, a la vez que carece de toma de datos y de tratamiento de los mismos, ya que se pretende dar a conocer algún fenómeno concreto o ilustrar un aspecto de la teoría. Los experimentos ilustrativos permiten identificar variables relevantes que intervienen en el fenómeno estudiado e inferir relaciones cualitativas o semicuantitativas entre las mismas, lo cual ayuda a interpretarlo. Estos dos tipos de actividades son similares —con matices, por supuesto— a lo que en otra época se denominaba como demostraciones de aula o experiencias de cátedra, cuya puesta en práctica en un contexto actual se discute en Meseguer Dueñas y Mas Estellés (1994), Vázquez Dorrío *et al.* (1994), Márquez (1996) y Nieto Calleja *et al.* (2009). Además, se prestan para la dramatización y el *suspense*, que siempre son bien acogidos por los alumnos (y por todo tipo de público), por lo que todos los detalles de una demostración científica han de cuidarse al máximo (Taylor, 1988).

Como ejemplo de la capacidad que tiene este tipo de demostraciones breves para captar la atención y transmitir un mensaje concreto, conviene recordar la sencilla —a la vez que espectacular y concluyente— demostración que realizó Richard Feynman (1988) para explicar el motivo por el cual explotó la lanzadera espacial Challenger cuando tan solo habían transcurrido 73

segundos tras su despegue, el 28 de enero de 1986. Al mismo tiempo que la comisión encargada de estudiar los motivos de este fallo presentaba los informes con sus conclusiones delante de la prensa, Feynman —que también era miembro de dicha comisión— introdujo en un vaso de agua helada que tenía sobre la mesa una junta de caucho (como las empleadas para sellar los depósitos de combustible), la cual se cuarteó tras sacarla del agua. De esta forma se puso de manifiesto en presencia de todo el público que la causa científica por la cual falló el lanzamiento del Challenger fue porque las propiedades elásticas de las juntas de caucho se alteraban notablemente a bajas temperaturas, como sucedió en la fría mañana de enero que se realizó el lanzamiento.

Puesto que las demostraciones de aula no son experiencias reales (suele prevalecer la interpretación del profesor debido a sus conocimientos previos), es muy importante prestar atención a las posibles explicaciones —compatibles con los fenómenos observados— que puedan dar los alumnos (Lucas y García-Rodeja Gayoso, 1989).

Una demostración experimental puede dar lugar a una indagación; de esta forma, los alumnos, asesorados convenientemente por sus profesores, pueden iniciarse en la investigación experimental. Algunas actividades típicas de ciencia recreativa son especialmente adecuadas para que los alumnos tengan la oportunidad de trabajar como científicos, planificando la tarea, planteando y contrastando hipótesis, documentándose, midiendo magnitudes, elaborando conclusiones, etcétera. La discusión de estos aspectos con los alumnos puede ser un buen punto de partida para iniciarse en la investigación.

En este punto, resulta interesante destacar que varias demostraciones típicas de ciencia recreativa se han transmitido

perpetuando explicaciones confusas o, incluso, incorrectas (Grimvall, 1987). Entre las explicaciones erróneas que se perpetúan destaca la que atribuye al oxígeno consumido en la combustión de una llama la justificación para el ascenso del nivel de agua en el interior de un vaso donde se coloca una vela encendida, o la introducción de un huevo cocido en el interior de una botella por cuyo cuello no cabe. En realidad, la explicación de estas experiencias se debe a la disminución de presión en el interior de los recipientes cuyo aire interior se calentó inicialmente durante la combustión y luego se enfrió al apagarse la llama; la presión atmosférica (mayor que la interior del recipiente) es la que fuerza el nivel de agua a ascender por el interior del vaso, o la que empuja al huevo cocido hacia el interior de la botella por su cuello estrecho. Estos razonamientos, básicamente cualitativos, permiten interesantes discusiones que ayudan a descartar preconceptos firmemente arraigados en los alumnos (y también en algunos profesores).

Los chorros que salen por la pared lateral de un recipiente cilíndrico lleno de agua son los protagonistas de otra explicación incorrecta, que se puede dilucidar mediante un sencillo ejercicio numérico. Es frecuente atribuir al chorro que sale por el orificio inferior un mayor alcance sobre la superficie donde se apoya el recipiente. Un simple cálculo de cinemática (García Molina, 2003) demuestra que llega más lejos el chorro que sale a mitad de altura.

Descubrir dónde residen los errores en las explicaciones de otras demostraciones requiere de investigaciones más profundas y enriquecedoras. Algunas necesitan pocos recursos, como la del agua que no se derrama de un vaso invertido cubierto con una pieza de papel, atribuida habitualmente solo a la fuerza ejercida por el papel sometido a la presión atmosférica; sin

embargo, el análisis riguroso de esta explicación suscita importantes dudas que se resuelven si se tienen en cuenta el ligero descenso de la columna de agua en el interior del vaso (lo cual produce una depresión) y los efectos de la tensión superficial (Weltin, 1961; Kazachkov *et al.*, 2006).

Persisten bastantes explicaciones tradicionales de ciencia recreativa que han estimulado interesantes e ingeniosos proyectos de investigación; a continuación, se reseñan algunos trabajos recientes, que pueden consultar los lectores interesados en detalles específicos.

La levitación de una pelota liviana sostenida por un chorro de aire, la aproximación entre dos hojas de papel (globos, latas de refresco...) entre las cuales pasa una corriente de aire, la sustentación de los aviones y otros fenómenos explicados tradicionalmente en términos de la ecuación de Bernoulli están siendo fuertemente criticados y tiende a predominar la explicación formalmente más correcta en términos del efecto Coanda, que involucra la viscosidad del fluido y la tercera ley de Newton (Babinsky, 2003; Eastwell, 2007; López-Arias *et al.*, 2011).

La desviación de un delgado chorro de agua cuando se le aproxima un peine o un globo cargado electrostáticamente mediante fricción es una experiencia muy llamativa, cuya explicación se basa en la naturaleza polar de la molécula de agua. Una interpretación más completa debe dar cuenta de lo que sucedería con otros compuestos, tanto polares como no polares (Vemulapalli y Kukolich, 1996).

La caída simultánea de un libro con una pequeña pieza de papel colocada encima se suele emplear para demostrar que si se elimina la fricción con el aire, tanto el libro como el papel caen

con la aceleración de la gravedad terrestre; sin embargo, lo que sucede realmente es que la pieza de papel es arrastrada por el libro en su caída, tal como se muestra al grabar el experimento con una cámara de alta velocidad (Vera y Rivera, 2011). Conviene notar que hace ya casi un siglo se criticó la explicación incorrecta en un texto clásico de la ciencia recreativa (Estalella, 1918).

En conclusión, las demostraciones de ciencia recreativa pueden tener desde una simple función informativa hasta ser el desencadenante de una reflexión crítica, la cual se puede reconducir hacia proyectos de investigación. Obviamente, estas actividades han de adecuarse al nivel de los alumnos y de los profesores, así como a la consecución de objetivos. Estas investigaciones pueden cubrir temáticas de un amplio espectro, analizarse a diferentes niveles de profundidad y realizarse, como acabamos de ver, con materiales muy diversos, desde los más sencillos, hasta los más sofisticados.

Ciencia recreativa y magia: una fructífera relación

La ciencia y la magia son dos creaciones de la humanidad que, aparentemente, no guardan ninguna relación entre sí. Mientras que la primera pretende desvelar los secretos que esconde la naturaleza, la segunda intenta distorsionar el natural comportamiento de los fenómenos para conseguir efectos espectaculares con los que impresionar al público; sin embargo, el catálogo de una exposición reciente dedicada a la magia (AA. vv., 2011) contiene una sección expresamente dedicada a las recreaciones científicas (físicas, químicas y matemáticas), con referencias a numerosos textos en cuyos títulos se mencionan las recreaciones químicas, la física recreativa o los juegos aritméticos, tal como se aprecia en la figura 3.

Aunque este no es el lugar para hacer un estudio pormenorizado y en profundidad del vínculo que ha habido —y hay— entre la magia y la ciencia recreativa, sí que vale la pena dar a conocer, aunque sea brevemente, algunos de los estudios relativos a esta temática. Los lectores interesados pueden consultar, entre otros, los trabajos de Lachapelle sobre el estrecho maridaje entre ciencia y espectáculos decimonónicos de magia (2008, 2009), o los de Teichmann et al. (2004, 2007) referidos a la conexión entre aprendizaje y entretenimiento.

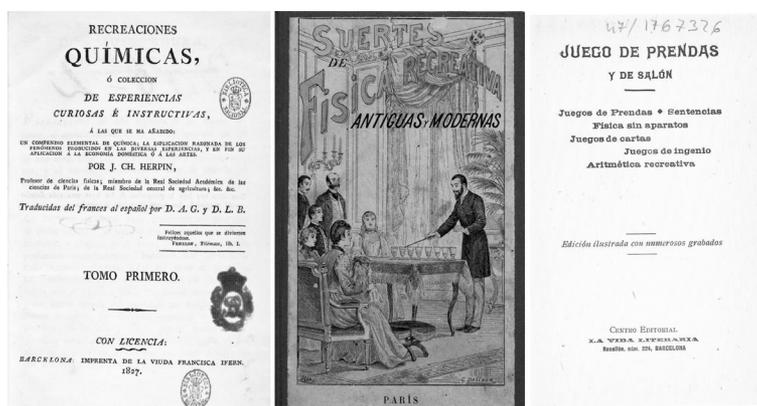


Figura 3. Portadas de tres libros de uso corriente entre los aficionados a la magia, tal como aparecen en (AA.VV. 2011): *Recreaciones químicas...* (de J. C. Herpin, Barcelona, 1827) es la traducción al castellano de Herpin (1824); *Suertes de física recreativa antiguas y modernas* (Robert s.a.), y *Juegos de prendas y de salón* (Anónimo, Barcelona, s.a.). Nótese la mención explícita a la ciencia recreativa en los títulos de los tres libros.

La evolución cronológica de los vínculos entre la magia y la ciencia recreativa se resume esquemáticamente como sigue (Rafael Amieva, en AA.VV., 2011): los números basados en juegos

matemáticos se incorporan a los espectáculos de magia a partir del siglo xvi. En el siglo xviii, los magos adoptan (y adaptan) los avances científicos. Es durante el siglo xix que resulta más fructífera la unión de la ciencia y la magia, ya que los magos presentan los últimos avances científicos a la par que desarrollan dispositivos basados en la ciencia para conseguir números con los que impresionar a su público. Era habitual que la entrada al espectáculo de magia contemplara también una visita a un lugar en donde se exhibían algunos de los últimos adelantos científicos de la época; sin embargo, a finales del siglo xix se produce el distanciamiento entre la ciencia (excepto las matemáticas) y la magia, la cual pasa a centrarse únicamente en juegos que requieren de las habilidades del mago; sin embargo, desde finales del siglo xx, han surgido magos cuyas ilusiones más espectaculares están basadas en aplicaciones científicas y tecnológicas.

Es importante señalar que los magos del siglo xix se consideraban a sí mismos como científicos en su aproximación a la magia y al ilusionismo, pues ponían verdadero énfasis en el contenido científico de sus espectáculos al presentar los desarrollos científicos y tecnológicos más recientes (Lachapelle, 2008). Los “experimentos científicos”, o demostraciones de efectos curiosos y agradables de la ciencia que se presentaban en los espectáculos de magia supusieron un importante medio por el cual se divulgó la ciencia entre la sociedad, especialmente en la segunda mitad del siglo xix, cuando la física recreativa se convirtió en una parte importante de los espectáculos de magia (Lachapelle, 2009).

Robert-Houdin (cuyo nombre original era Jean-Eugène Robert) realizaba sus actuaciones en un escenario simple y elegante, pensado para parecerse más al gabinete de un físico que a los espacios abarrotados y llenos que caracterizaban los

espectáculos tradicionales de magia. En julio de 1845 se inauguró en París el *Teatro Robert–Houdin* (uno de los primeros de su tipo), donde los espectáculos tenían un componente científico con el cual pretendían deslumbrar y también instruir (poner al día con los últimos descubrimientos) a su público. La obra póstuma de Robert–Houdin lleva el elocuente título de *Magia y física recreativa* (figura 4); en ella explicaba el fundamento científico de sus trucos. Pocos magos ilustran mejor que Jean–Eugène Robert–Houdin la íntima relación que hubo entre los desarrollos científico–tecnológicos y el mundo de la magia, concebida no solo como entretenimiento, sino también con un cometido educativo. Otra sala de espectáculos mágicos que se hizo famosa en la década de 1860 fue el *Teatro de Henri Robin* de París, donde se representaban espectáculos de magia en los que aparecían visiones fantasmagóricas y también poseía uno de los gabinetes de física más completos de la ciudad (Lachapelle, 2009).

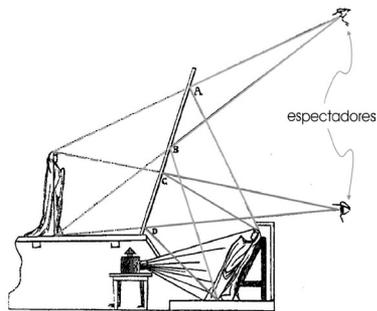
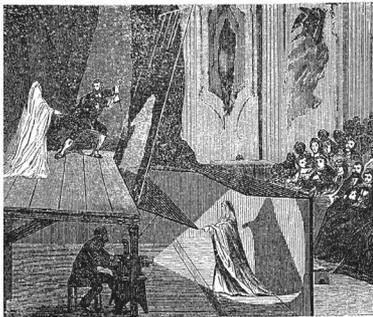
A continuación, se describen dos de los números de ilusionismo que causaron más sensación a finales del siglo XIX, cuya ejecución se basa en las leyes de la óptica. En la década de 1860 J. H. Pepper adaptó a las representaciones teatrales las ilusiones ópticas conocidas como fantasmagorías, para lo cual había que modificar adecuadamente las instalaciones teatrales y colocar una lámina de vidrio semitransparente entre el escenario y los espectadores. Esta lámina deja pasar la luz procedente de la escena y refleja la que procede de un actor convenientemente disfrazado y camuflado, que se ilumina intensamente (Greenslade, 2011). La figura 5 muestra una representación teatral donde aparece un fantasma que interviene activamente en la obra. Una variante de la aparición fantasmal consiste en observar una vela encendida mientras está sumergida dentro de un vaso con agua,

tal como se muestra en la figura 6. Esta es una demostración de física recreativa que todavía ocasiona una profunda impresión entre los estudiantes (y el público en general) que la presencia (normalmente, en ferias de la ciencia o ambientes similares).



Figura 4. Portada del libro *Magia y física recreativa (obra póstuma)*, de Robert-Houdin (1887).

Figura 5. Izquierda: Espectro vivo e impalpable en una representación teatral. Derecha: Fundamento físico de la ilusión anterior (la imagen está retocada para resaltar las trayectorias de los rayos). Ambas ilustraciones proceden del libro de *Magia y física recreativa*, de Robert-Houdin (1887).



Otra de las ilusiones ópticas que causaron (y todavía causan) un gran impacto fue la cabeza parlante, en la cual una cabeza dialoga con el público, a pesar de que aparenta estar decapitada, pues está colocada sobre una mesa que permite ver lo que hay

detrás de ella. Esta ilusión tiene una explicación científica que, nuevamente, se basa en las leyes de la óptica: la pata posterior de la mesa que aparentemente observa el espectador, resulta ser la reflexión de la pata delantera en un espejo dispuesto a lo largo de la diagonal de la mesa, tal como se indica esquemáticamente en la figura 7. Robert-Houdin (1887) comenta, con cierto humor, cómo el público descubrió el truco cuando lanzaban bolitas de papel “sobre esta cabeza del otro mundo; a fin de averiguar si había perdido completamente su sensibilidad [...] Estas bolitas, dirigidas muchas veces por manos inhábiles, caían sobre ciertas partes de la mesa, que se creían vacías y sobre las cuales rebotaban, descubriendo la existencia de un espejo”.

Las dos ilusiones ópticas que se han descrito pueden dar lugar a una interesante discusión con los alumnos en la que se desarrollen la argumentación y el uso de pruebas para dar una explicación científica que justifique los fenómenos observados (AA.VV., 2010). Esta discusión, convenientemente guiada, permitirá abordar las propiedades de la luz y tratar conceptos de óptica (tanto geométrica como física).

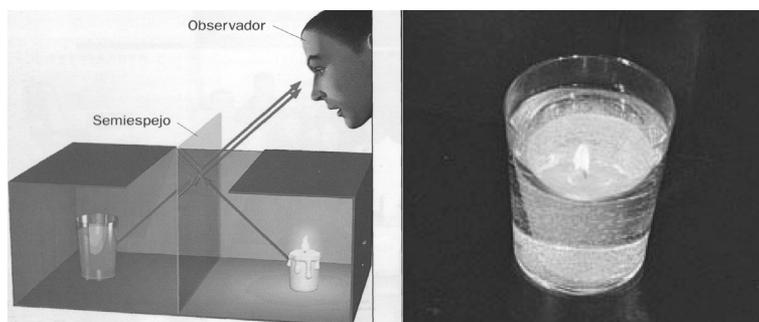


Figura 6. Ilusión óptica de una vela ardiendo dentro de un vaso con agua (Auvray Caro et al., 2004).

Aunque nos hemos extendido al hablar de la estrecha relación entre la física y la magia (debido a la formación profesional de quien escribe), también la química y las matemáticas son protagonistas de los trucos que se desarrollan en los espectáculos de magia.

La asociación de la química con la magia resulta más aparente para el público, dada la evolución de la última a partir de la alquimia (Cobb y Goldwhite, 1995), en la que se pretendía obtener el elixir de la eterna juventud o la piedra filosofal, para transmutar los metales en oro... Las series literarias protagonizadas por jóvenes magos (Harry Potter y compañía) han contribuido también a reforzar esta conexión, dado el carácter encantador (en el doble sentido de la palabra) de sus protagonistas. A la mayoría de personas le resulta familiar la reproducción de los rituales de magia medievales, donde no pueden faltar palabras cabalísticas tales como *abracadabra* (que recuerda sonidos de la lengua árabe), o voces latinas, como *hocus pocus*. La inclusión de estos sonidos en la práctica alquimista no hace más que constatar la importancia de la aportación árabe (propia o recopilada de las civilizaciones griega y romana) a la Europa medieval y, por tanto, a la ciencia occidental (Cobb y Fetterolf, 2005). Los intentos de los alquimistas por obtener sus pociones mágicas, o la transformación de unos materiales en otros, pasaban por combinar diferentes productos de la manera adecuada para obtener la reacción química deseada.

Un espectáculo de magia tiene el éxito asegurado si, entre otras experiencias de química recreativa, sus números incluyen explosiones íntimamente ligadas a la pirotecnia, acompañadas de fuegos y humos de colores, o apariciones de mensajes secretos escritos sobre un papel donde no se leía nada antes de hacerlo visible con unos pases mágicos (cerca del producto

revelador). Son numerosas las recetas de tintas simpáticas para escribir mensajes secretos, pero la que prácticamente todos hemos empleado cuando éramos niños es el jugo de limón, los trazos que se tornaban visibles al aplicarles el calor de una llama; de hecho, las recetas de tintas simpáticas forman parte de los textos de química recreativa desde hace mucho tiempo (Accum, 1836 [experimentos xxxiii–xlvi]; Julia de Fontenelle, 1826 [sección x], Vélez de Paredes, 1870 [capítulo v]). También muchos de quienes lean estas líneas recordarán de su niñez los intentos (afortunadamente frustrados para mí) de producir pólvora a partir de pastillas de clorato, carbón y azufre.

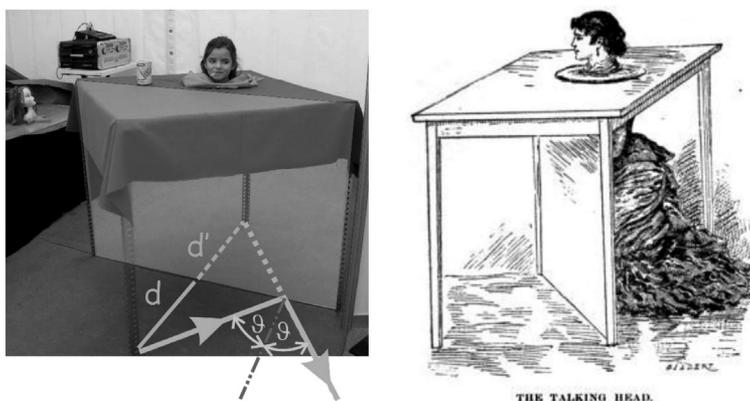


Figura 7. Izquierda: Cabeza (o busto) parlante, junto con el esquema de rayos que explica dicha ilusión óptica (García Molina, 2009). Derecha: Disposición del espejo, la mesa y el sujeto para producir la ilusión óptica.

En la figura 8 se muestra la caja mágica, un truco que consiste en hacer aparecer un dibujo sobre una hoja en blanco tras introducirla unos minutos en una caja. El dibujo se ha trazado previamente sobre el papel empleando una solución de sulfato

de cobre, que al secarse resulta incoloro y, por tanto, imperceptible; en el interior de la caja hay un plato que contiene amoníaco diluido. La reacción de los vapores amónicos con el sulfato de cobre produce un compuesto químico azul oscuro, que es el que da color a la imagen revelada (Cherrier, 1974:50; Roesky y Möckel, 1996:40); pueden aparecer matices de otros colores si la tinta invisible contiene trazas de otros elementos químicos.

La obtención de una llama sin que media una cerilla o mechero constituye un efecto sorprendente. Esta reacción química puede conseguirse dejando caer unas gotas de glicerina sobre una bandeja que contiene permanganato potásico finamente pulverizado, tal como se aprecia en la figura 9. La causa de la llamarada se debe a una reacción exotérmica producida por la oxidación de la glicerina por el permanganato potásico, que inicialmente es lenta pero que se acelera a medida que el sistema se calienta, y finalmente produce una llama espectacular (Cherrier, 1974:72; Roesky y Möckel, 1996:17; Lister, 2002:29).

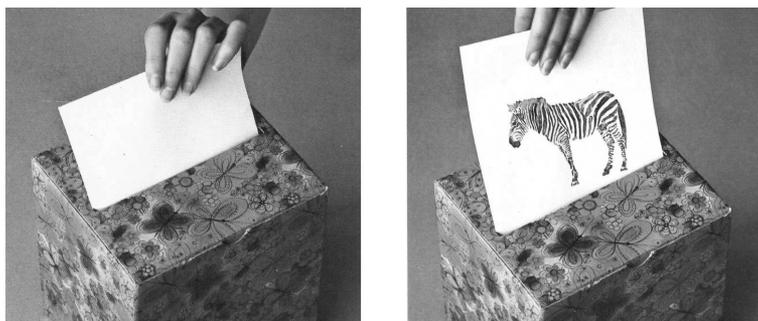


Figura 8. Izquierda: Papel con el dibujo invisible, trazado mediante la solución de sulfato de cobre, antes de introducirlo en la caja mágica. Derecha: La cebra dibujada previamente se ha revelado tras permanecer unos minutos el papel dentro de la caja que contiene amoníaco diluido.



Figura 9. Secuencia en la que Lluís Nadal deja caer una gota de glicerina sobre un recipiente con permanganato potásico y se produce una viva llama, durante una de las sesiones de *El pati de la ciència*, celebrada en la Universidad de Alicante durante el verano de 2007.

Además de los textos anteriormente citados, la excelente recopilación realizada por Shakhshiri (1982, 1985, 1989, 1992, 2011) o el texto de Khee *et al.* (2008) también pueden proporcionar un amplio surtido de experiencias de química ideales para trucos mágicos. La incorporación de las experiencias de química recreativa a los escenarios para realizar números de magia requiere extremar las medidas de seguridad, dada la peligrosidad de los humos, altas temperaturas, llamaradas, etcétera, efectos que el público tanto aplaude.

Los juegos de magia numérica suelen consistir en cálculos ultrarrápidos, adivinanzas de números o elección de cartas por los espectadores (tras la realización de hábiles preguntas o un conjunto de operaciones matemáticas), hacer o deshacer nudos, cortar y unir cuerdas, además de otros muchos trucos basados en diferentes ramas matemáticas, tales como la combinatoria, la lógica o la topología, entre otras. Los cuadrados mágicos se discuten en numerosos textos y ya aparecen en un clásico de la ciencia recreativa (Ozanam, 1778 [capítulo XII]); el juego consiste en disponer números enteros sobre las casillas de un tablero cuadrado, de manera que al sumar los números que hay en cada fila, en cada columna y en cada diagonal principal resulte siempre el mismo valor, que se denomina constante mágica del cuadrado. En la figura 10 se han representado tres cuadrados mágicos famosos. Lo que más sorprende al público no suele ser el cuadrado mágico en sí, sino la habilidad de los magos para construirlos al instante, lo cual realizan mediante la aplicación de un sencillo algoritmo numérico.

La denominación *matemagia* suele emplearse para referirse a la magia que está basada en reglas matemáticas. Se dispone de una nutrida bibliografía donde se explican los fundamentos matemáticos de asombrosos y divertidos trucos de ilusionismo. Martin Gardner fue el más famoso divulgador de las matemáticas del siglo xx y escribió numerosos textos con gran repercusión entre los matemagos, entre los cuales podemos recomendar las publicaciones de 1956 y 1983. Dos publicaciones recientes de sendos profesores y magos, Blasco (2007) y Alegría (2008), explican los principios matemáticos para realizar numerosos trucos que pueden emplearse para captar el interés de los estudiantes por las matemáticas.

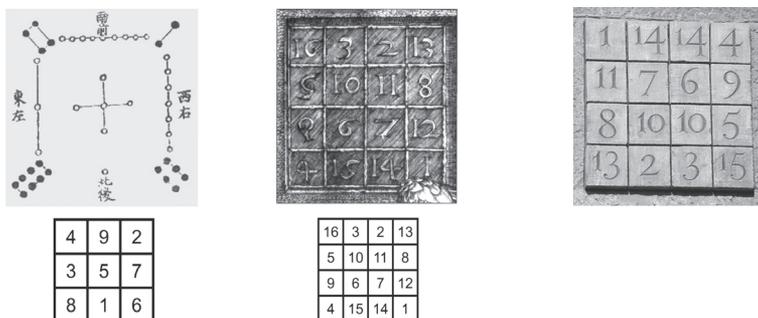


Figura 10. Tres cuadrados mágicos famosos. Izquierda: Reproducción de los símbolos que corresponden al cuadrado mágico más antiguo que se conoce, el cual, según la leyenda china del *Lo Shu*, apareció sobre el caparazón de una tortuga; la constante mágica es 15. Centro: Cuadrado mágico que aparece en el grabado *Melancollia I*, realizado por Alberto Durero en 1514; la constante mágica es 34. Derecha: Cuadrado mágico en la fachada de *La Pasión* de la Basílica de la Sagrada Familia (Barcelona); la constante mágica es 33. Junto a los dos primeros cuadrados aparece los números correspondientes, para facilitar su identificación.

La conclusión de esta sección es que “el mayor gusto que se puede tener, después de haberse divertido con objetos que interesan la curiosidad, es el de satisfacerla” (J. F., 1833). Los trucos de magia o de charlatanes de feria son un recurso didáctico extremadamente motivador para los alumnos, quienes tras su asombro inicial ante un suceso claramente contrario a las leyes de la naturaleza, inmediatamente intentan dar una explicación racional y, por tanto, científica, del mismo. Los trabajos recientes de Hoyuelos (2008), Gómez Crespo y Cañamero (2009) y Alegría (2009), entre otros autores, explican los fundamentos científicos que subyacen en varios trucos (aparentemente) mágicos, los cuales pueden resultar útiles para trabajar contenidos de física, química y matemáticas con los alumnos.

¿Qué hace un chico como yo escribiendo un artículo como este?

Para concluir este trabajo quiero dejar constancia de cómo he llegado a involucrarme en el uso de la ciencia recreativa como recurso didáctico. Recuerdo perfectamente los entretenimientos que ejecutaba cuando era un niño durante las cenas navideñas, para que no se aburrieran mis primos pequeños: la estructura con palillos que saltaban por el aire cuando se prendía fuego por una punta, los tenedores equilibristas y el buzo cartesiano. Estos mismos entretenimientos los he redescubierto muchos años después en los libros de ciencia recreativa (figura 11). Curiosamente, algunas de estas experiencias fueron las que utilicé para captar la atención de mis alumnos cuando comencé a dar clases en los primeros cursos universitarios.

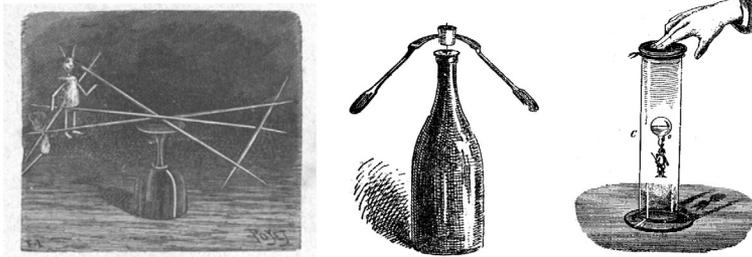


Figura 11. Izquierda: La estructura de palillos almacena energía elástica; cuando se quema el extremo de alguno de los palillos estos saltan por el aire (adquieren energía cinética) al liberar la energía elástica (Tom Tit 1897). Centro: Los tenedores se mantienen en equilibrio estable porque su centro de gravedad se halla en la vertical del punto de apoyo, que es un fino palillo o un alfiler. Derecha: El buzo cartesiano desciende cuando se aprieta el recipiente (en la actualidad se suele usar una botella de gaseosa) porque aumenta la presión en su interior y penetra agua dentro del buzo, con lo que su peso es mayor que el del volumen de agua que desplaza (Privat Deschanel, 1884).

Pero el estímulo para recopilar experiencias de ciencia (física, en particular) recreativa, con las cuales preparar un taller práctico, tuvo su origen en las (amigables) disputas con mis amigos maestros para convencerles de que la ciencia no es aburrida (en contra del pensamiento mayoritario entre ellos). De esta forma comencé a impartir, desde mediados de la década de los noventa, el curso *Entreteniciencia* en las Escuelas de Verano organizadas en Elche por el Movimiento de Renovación Pedagógica.

La participación en los certámenes *Física en Acción* (actualmente *Ciencia en Acción*) y *Physics on Stage* (actualmente *Science on Stage*), desde 2000, me constató que hay numerosos profesores deseosos de compartir experiencias, proyectos, ilusiones... y también problemas (para buscar soluciones). Una inmensa proporción de las experiencias que se presentan en estos certámenes puede encuadrarse en el ámbito de la ciencia recreativa. La invitación a participar en las *II Jornadas Eureka sobre aspectos lúdicos en la Enseñanza de las Ciencias*, celebradas el 2003 en Cádiz, fue el inicio de mi relación con la REurEDC.

Durante todo este tiempo, he tenido la oportunidad de participar en numerosos encuentros y talleres sobre enseñanza y divulgación de la ciencia. Esto constituye una maravillosa singularidad donde las personas que se conocen y los conocimientos que se adquieren (y comparten) por el camino son, en ocasiones, más enriquecedores y producen mayores satisfacciones que la realización de un experimento científico, de la misma manera que en el viaje a Ítaca es más fructífera la experiencia del viaje que la llegada al destino (Kavafis, 1911).

Dos advertencias finales, que bien podrían haber sido iniciales

El uso de la ciencia recreativa como recurso didáctico no garantiza el proceso de enseñanza–aprendizaje, como tampoco lo hace el introducir elementos cinematográficos, históricos, sociales o tecnológicos, por citar otros recursos habitualmente empleados en la docencia. Tanto unos como otros pueden tener más o menos éxito en función de cómo se apliquen (extensión, periodicidad, dosificación, contexto, enseñanza formal o informal, etcétera), pero de lo que no me cabe la menor duda es que los alumnos (y también los profesores) responden positivamente al estímulo que supone presenciar y, principalmente, participar en la preparación, interpretación y exhibición de fenómenos científicos sorprendentes y gratificantes, que en la mayoría de ocasiones pueden realizarse con materiales que no resultan especialmente difíciles de conseguir.

Por supuesto, son necesarios estudios (como en tantas materias relacionadas con el proceso de enseñanza–aprendizaje) que ayuden a valorar, implementar, corregir... la aplicación de la ciencia recreativa en el proceso educativo. La participación en experiencias de ciencia recreativa bien realizadas supone cruzar un umbral. Por ello, la segunda advertencia es para alertar que no hay marcha atrás después de atravesar la puerta de entrada al mundo de la ciencia recreativa, pues quienes lo hacen quedan seducidos de tal manera que es muy probable que se conviertan en fervientes seguidores de este tipo de actividades, tanto para aprender más como para mostrarlas por doquier, bien sea con propósito didáctico o para satisfacción personal.

Finalmente, permítaseme expresar el fruto de una reflexión personal que me he hecho muchas veces y que consiste en comparar la ciencia recreativa con la ópera. Ambas

involucran amplios conocimientos disciplinares, habilidades técnicas y pasión para comunicarse con el público. Ambas pueden fascinar mediante una acción singular (un aria o una experiencia espectacular), pero si se ejecuta mal o inoportunamente puede dar al traste con un buen propósito. El público interesado es capaz de disfrutar durante tres horas seguidas tanto de una buena ópera como de una sesión de experimentos bien ejecutados. Y tanto la ópera como la ciencia recreativa son adictivas.

Agradecimientos

En primer lugar, deseo dar las gracias a mi familia, que me ha apoyado, acompañado y se ha contagiado de mi entusiasmo por la divulgación de la ciencia. También merecen ser citados (colectivamente, porque individualmente son muchos) todos los compañeros con los que he compartido experiencias en mis periplos por ferias de la ciencia de diferentes lugares. No quiero dejar de mencionar a José María Oliva, editor de *REurEDC*, por su excelente acogida para incluir una sección de ciencia recreativa en la revista que dirige. Por último, pero no por ello con menor intensidad, vayan mis agradecimientos para los *Juglares de la Física*, el grupo de estudiantes de Física de la Universidad de Murcia que, con enorme entusiasmo y vocación, me prestan su apoyo en las tareas de divulgación de la física.

Referencias

- AA.VV.: “Argumentar en ciencias” en *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, núm. 63, enero–marzo, 2010.
- _____: “La magia en la BNE” en *Catálogo de La Magia en la BNE*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, 2011.

- ACCUM, F.: *Recreaciones químicas ó experimentos curiosos é instructivos que todos pueden hacer con facilidad y sin peligro*, Perpiñan, Librería de Lassarre, 1836. Reproducción facsímil: Valencia, Librería París–Valencia, 2000.
- ALEGRÍA, P.: *Magia por principios*, Sevilla, Publidisa, 2008.
- _____: “Sucesiones de recurrencia en la matemática recreativa” en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 6, núm. 3, 2009, pp. 483–490.
- ANÓNIMO: *Dictionnaire Encyclopédique des Amusemens des Sciences Mathématiques et Physiques*, París, Chez Panckoucke, 1792.
- ARROYO Menéndez, M. et al.: *Percepción social de la ciencia y la tecnología en España 2006*, Madrid, FECYT, 2007.
- AUVRAY Caro, A. F., J. Barrio Gómez de Agüero, P. Espada López y M. J. Vila Gómez: “La vela que arde bajo el agua” en *Feria Madrid por la ciencia*, Madrid, Comunidad de Madrid–Ediciones SM, 2004, p. 94.
- AVERBUJ, E.: “Ciencia recreativa: volver a los clásicos” en *Cuadernos de pedagogía*, núm. 143, 1986, pp. 94–95.
- BABINSKY, H.: “How do wings work?” en *Physics Education*, vol. 38, núm. 6, 2003, pp. 497–503.
- BENSAUDE–VINCENT, B. y C. Blondel (eds.): *Science and Spectacle in the European Enlightenment*, Aldershot, Ashgate, 2008.
- BLASCO, F.: *Matemagia, Los mejores trucos para entender los números*, Madrid, Ediciones Temas de hoy, 2007.
- BULGER, S. M., D. J. Mohr y R. T. Walls: “Stack the deck in favor of your students by using the four aces of effective teaching” en *Journal of Effective Teaching*, vol. 5, núm. 2, 2002. <http://uncw.edu/cte/et/ARTICLES/Bulger/index.htm>
- BUSTOS, Ramón A. L. y J. J. López Ronquillo: “Ciencia recreativa en preescolar: una aproximación desde la educación

- ambiental, XIII Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica. Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica, Villahermosa, Tabasco, 2004 http://www.somedicyt.org.mx/congreso_2004/ponencias/div_ambiental/Bustos_Ramon2_ext.pdf
- CAAMAÑO, A: “Los trabajos prácticos en ciencias” en M. P. Jiménez Aleixandre (coord.), A. Caamaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci y A. de Pro: *Enseñar ciencias*, Barcelona, Graó, 2003, pp. 95–118.
- CÁMARA Hurtado, M. et al.: *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España 2008*, Madrid, FECYT, 2009.
- CHERRIER, F.: *Experimentos de química recreativa*, Valencia, Mas–Ivars Editores, 1974.
- COBB, C. y H. Goldwhite: *Creations of fire: Chemistry’s lively history from alchemy to the atomic age*, Cambridge, Perseus Publishing, 1995.
- COBB, C. y M. L. Fetterolf: “Harry, Hogwarts, and folk pharmacopeias–Mysteries in the past and magic in the future” en *The joy of Chemistry: The amazing science of familiar things*, cap. 5, Nueva York, Prometheus Books, 2005.
- CORONA Cruz, A.: “¿Qué hace al buen maestro?: la visión del estudiante de ciencias físico matemáticas” en *Latin-American Journal of Physics Education*, vol. 2, núm. 2, 2008, pp. 148–151.
- COSTA, M. F. M. y B. V. Dorrió: “Actividades manipulativas como herramienta didáctica en la educación científico–tecnológica” en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 7, núm. 2, 2010, pp. 462–472.
- CUELLO, J. y A. M. Vidal: *Obrador d’experiments. Ciència per a l’esplai*, Barcelona, Graó, 1990.
- CUEVAS Cisneros, J. A.: *Física: Un acercamiento a los alumnos con necesidades educativas especiales. Taller de ciencias. Ciencia*

- recreativa. Experimentos caseros. *¡Con la ciencia sí se juega!*, Gobierno del Estado de Baja California Sur, 2005.
- ECHEVERRÍA, Ezponda J. et al.: *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España*, Madrid, FECYT, 2002.
- EASTWELL, P. H.: “Bernoulli? Perhaps, but what about viscosity?” en *The Science Education Review*, núm. 6, 2007, pp. 1–13. http://www.sciencetime.com.au/ser/open_access/eastwell-bernoulli.pdf
- ESTALELLA, J.: *Ciencia recreativa. Enigmas y problemas, observaciones y experimentos, trabajos de habilidad y paciencia*, Barcelona, Gustavo Gili, 1918.
- _____: *Ciencia recreativa. Facsímil y comentarios*, Murcia, Fundación Séneca, 2008.
- FEYNMAN, R. P.: “An outsider’s inside view of the Challenger inquiry” en *Physics Today*, vol. 41, núm. 2, 1988, pp. 26–37.
- FONTENELLE, Julia de: *Manuel de physique amusante, contenant une suite d’expériences curieuses, instructives et d’une exécution facile, ainsi que diverses applications aux arts et à l’industrie*, París, Librairie Encyclopédique de Roret, 1826.
- GARCÍA Molina, R.: *Bibliografía de ciencia recreativa*, 2011. <http://bohr.inf.um.es/miembros/rgm/ff/Bibliografia-CienciaRecreativa.pdf>
- _____: “Cabeza parlante” en *Simple+mente física*, núm. 128, 2009. <http://bohr.inf.um.es/miembros/rgm/s+mf/128s+mf.pdf>
- _____: “¿Qué chorro llega más lejos?” en *Simple+mente física*, núm. 20, 2003. <http://bohr.inf.um.es/miembros/rgm/s+mf/20s+mf.pdf>
- GARCÍA Vigil, M. H. y L. Meza Arcos: “Las demostraciones breves de ciencia. Una alternativa de divulgación en el Museo Universum: sus experiencias y su evaluación” en Lozano M. y C. Sánchez–Mora (eds.): *Evaluando la comunicación de la ciencia:*

- Una perspectiva latinoamericana*, México, CYTED, AECl, DGDC-UNAM, 2008, pp. 95–103. <http://www.vinv.ucr.ac.cr/docs/divulgacion-ciencia/libros-y-tesis/evaluacion-comunicacion.pdf>
- GARDNER, M.: *Festival mágico-matemático*, Madrid, Alianza, 1983.
- _____: *Mathematics, magic and mystery*, Nueva York, Dover, 1956.
- GENÉ, A., T. Cortada, M. Miranda, P. Molló, T. Peleato y M. Sorribes: *Pensar, que bé! Com acompanyar els infants a descobrir el món*, Lleida, Pagès Editors, 2007.
- GÓMEZ Crespo, M. A. y A. Cañamero: “La ciencia de la magia” en *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 60, 2009, pp. 24–32.
- GREENSLADE, T. B. J.: “Pepper’s Ghost” en *The Physics Teacher*, núm. 49, 2011, pp. 338–339.
- GRIMVALL, G.: “Questionable physics tricks for children” en *The Physics Teacher*, núm. 25, 1987, pp. 378–379.
- HERPIN, J. C.: *Récréations Chimique sour ecueil d’expériences curieuses et instructives*, París, Audot, Libraire-Éditeur, 1824.
- HEWITT, P.: “The three stages of learning” en *Physics World*, septiembre 2004, pp. 16–17.
- HOYUELOS, M.: *La física de la magia*, 2008. <http://física.mdp.edu.ar/mlhoyuelos/Fisicamagia.htm>
- KAVAFIS, K.: *Ítaca*, 1911.
- KHEE, S. W. et al.: *CheMagic: 50 Chemistry classics and magical tricks*, Singapur, World Scientific, 2008.
- KUBLI, F.: “Teachers should not only inform but also entertain” en *Science and Education*, 2006 http://www.springerlink.com/content/c7234_23914081w22/
- JIMÉNEZ-Liso, M. R. y E. de Manuel Torres: “El regreso de la Química cotidiana: ¿regresión o innovación?” en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 27, núm. 2, 2009, pp. 257–272.

- J. F.: *La mágica blanca descubierta, ó bien sea Arte adivinatoria con varias demostraciones de física y matemáticas, corregido y considerablemente aumentado por el presbítero Don Joaquín Eleuterio García y Castañer*, Valencia. Imprenta de Cabrerizo, 1833. Reproducción facsímil: Valencia, Librerías París-Valencia, 1989.
- KARPLUS, R.: *Introductory Physics: A Model Approach*, Nueva York, Benjamin, 1969.
- KARPLUS, R. et al.: *Science Teaching and the Development of Reasoning*, Berkeley, Regents of the University of California, 1977.
- KAZACHKOV, A., D. Kryuchkov, C. Willis y J. C. Moore: “An atmospheric pressure ping-pong ‘ballometer’” en *The Physics Teacher*, núm. 44, 2006, pp. 492–495.
- LACHAPELLE, S.: “From the stage to the laboratory: magicians, psychologists, and the science of illusion” en *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, vol. 44, núm. 4, 2008, pp. 319–334.
- LACHAPELLE, S.: “Science on stage: amusing physics and scientific wonder at the nineteenth-century french theatre” en *History of Science* num. XLVII, 2009, pp. 297–315.
- LASSO de la Vega, J.: *Las ciencias enseñadas por medio de juegos ó teorías científicas*, Cádiz, Imprenta de Feros, 1835.
- LEWIN, W.: *For the love of physics. From the end of the rainbow to the edge of time. A journey through the wonders of physics*, Nueva York, Free Press, 2011.
- LIBERMAN, D.: “Animarse con las ciencias en la educación inicial”, *Tercer Encuentro Internacional de Educación Infantil*, Buenos Aires, 2010. <http://www.omep.org.ar/document/animarse-con-la-ciencia-en-educacion-inicial-ciuda/>
- LISTER, T. (comp.): *Experimentos de química clásica. The Royal Society of Chemistry*. Madrid, Síntesis, 2002.

- LÓPEZ-Arias, T., L. M. Gratton, G. Zendri, S. Oss: “Forces acting on a ball in an air jet” en *Physics Education*, núm. 46, 2011, pp. 146–151.
- LOZANO, Lucía O.: *Análisis del uso de la ciencia recreativa en la enseñanza de la Física y Química y la Tecnología y sus consecuencias en el alumnado*, Tesis de maestría, Universitat de València, 2006.
- LUCAS, A. M. e I. García-Rodeja Gayoso: “Contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos realizados en el aula” en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 8, núm. 1, 1989, pp. 11–16.
- MÁRQUEZ, R.: “Las experiencias de cátedra como apoyo en el proceso de enseñanza–aprendizaje de la física” en *Revista Española de Física*, vol. 10, núm. 1, 1996, pp. 36–40.
- MARTÍNEZ Moreno, H., F. Martínez Navarro, M. C. Casillas Santana, M. Delgado Bermejo, D. Guerra Quevedo, P. Botín Hernández, P. López Pérez, P. Morera Marante, D. Rivero Mendoza y O. Valencia Suárez: *La ciencia recreativa. Con la ciencia sí se juega*, 2004. <http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/lentiscal/ficheros/pdf/Ciencia%20recreativa12p.pdf>
- MATOS Delgado, J. M. et al.: *Ciencia recreativa y aprendizaje escolar*, proyecto de investigación educativa, Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía, 1999.
- MESEGUER Dueñas, J. M. y J. Mas Estellés: “Experiencias de cátedra en las clases de física del primer curso de las escuelas técnicas” en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 12, núm. 3, 1994, pp. 381–391.
- NIETO Calleja, E., G. Hernández Millán, M. Carrillo Chávez y N. López Villa: “Para asombrarse y aprender” en *Enseñanza de*

- las Ciencias*, núm. extra, VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 2009, pp. 1642–1646. <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-1642-1646.pdf>
- NOLLET, A.: *L'art des expériences, ou avis aux amateurs de la physique*, París, Chez P. E. G. Durand, 1770.
- OLIVA, J. M. et al.: “Las exposiciones científicas escolares y su contribución en el ámbito afectivo de los alumnos participantes” en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 22, núm. 3, 2004, pp. 425–440.
- OLIVA, J. M., J. Matos y J. A. Acevedo: “Contribución de las exposiciones científicas escolares al desarrollo profesional docente de los profesores participantes” en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 7, núm. 1, 2008, pp. 178–198.
- OZANAM, M.: *Récréations mathématiques et physiques*, París, Chez Cl. Ant. Jombert, 1778.
- PALOMERA Meroño, D.: *Experiencias de física recreativa en los libros de texto de 3º y 4º de la ESO*, Tesis de Maestría, Universidad de Murcia, 2011.
- PÉREZ Manzano, A., A. de Pro Bueno y M. Ato: *Evaluación nacional de actitudes y valores hacia la ciencia en entornos educativos*, Madrid, FECYT, 2005.
- PRIVAT Deschanel, A.: *Elementary Treatise on Natural Philosophy. Part I*, Nueva York, D. Appleton and Company, 1884.
- RAMOS González, M.: “Física y química recreativa: didáctica de la física y química en la EGB y 2º de BUP”, X *Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Cuenca, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla–La Mancha, 1990, pp. 319–322.
- ROBERT, G.: *Suertes de Física recreativa, de los más célebres profesores antiguos y modernos...* (s.a.). Reproducción facsímil: Valencia, Librería París-Valencia, 2004.

- ROBERT–Houdin: *Magia y física recreativa (obra póstuma)*, Valencia, Pascual Aguilar Editor, 1887. Reproducción facsímil: Barcelona, Alta Fulla, 1998.
- ROESKY, H. W. y K. Möckel: *Chemical curiosities: Spectacular experiments and inspired quotes*, Weinheim, VCH, 1996.
- SHAKHASHIRI, B. Z.: *Chemical demonstrations: A handbook for teachers of Chemistry*, 5 vols., Madison, University of Wisconsin Press, 1982, 1985, 1989, 1992 y 2011.
- SOLBES J., Lozano O. y R. García Molina “Análisis del uso de la ciencia recreativa en la enseñanza de materias científicas y técnicas en educación secundaria” en *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 2009, pp. 1754–1758. <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-1754-1758.pdf>
- _____: “Juegos, juguetes y pequeñas experiencias tecnocientíficas en la enseñanza–aprendizaje de la Física y Química y la Tecnología” en *Investigación en la Escuela*, núm. 65, 2008, pp. 71–87.
- TEICHMANN, J., A. Stinner y F. Riess (eds.): “From the itinerant lecturers of the 18th century to popularizing physics in the 21st century. Exploring the relationship between learning and entertainment” en *Proceedings of a conference held in Pognanasullario*, Italy, June 1-6, 2003; Munich, Winnipeg, Oldenburg, 2004. <http://www.uni-oldenburg.de/histodid/projekte/pognana/publication/Pognana.pdf>
- TEICHMANN J., A. Stinner y F. Riess: “Learning and entertainment: from the itinerant lecturers of the 18th century to popularizing physics in the 21st century” en *Science and Education*, (volumen especial), vol. 16, núm. 6, 2007, pp. 511–646

- TISSANDIER, G.: *Recreaciones científicas ó la Física y la Química sin aparatos ni laboratorio y solo por los juegos de la infancia*, Madrid, Cárlos Bailly-Bailliere, 1884. Reproducción facsímil: Barcelona, Alta Fulla, 2003.
- TAYLOR, C.: *The art and science of lecture demonstrations*, Bristol, Adam Hilger, 1988.
- TOHARIA, J. J.: “¿En quién confían los españoles?” en *El País*, 7 de agosto de 2011.
- TOM, Tit: *Ciencia recreativa*, Madrid, Librería de Victoriano Suárez, 1897.
- _____: *La Science Amusante*, Deuxième Sèrie, París, Librairie Larousse, 1892.
- VAELLO Orts, J.: *Cómo dar clase a los que no quieren*, Barcelona, Graó, 2011.
- VÁZQUEZ Dorrío, J. V., E. García Parada y P. González Fernández: “Introducción de demostraciones prácticas para la enseñanza de la Física en las aulas universitarias” en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 12, núm. 1, 1994, pp. 63–65.
- VÁZQUEZ, A. y M. A. Manassero: “El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica” en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 5, núm. 3, 2008, 274–292.
- VEGA, S.: *Ciencia 0-3. Laboratorios de ciencia en la escuela infantil*, Barcelona, Graó, 2006.
- VÉLEZ de Paredes, E.: *Manual de química divertida, ó sea recreaciones químicas*, París, Librería de Rosa y Bouret, 1870.
- VEMULAPALLI, G. K. y S. G. Kukulich: “Why does a stream of water deflect in an electric field?” en *Journal of Chemical Education*, vol. 73, núm. 9, 1996, pp. 887–888.

VERA, F. y R. Rivera: “A piece of paper falling faster than free fall” en *European Journal of Physics*, núm. 32, 2011, pp. 1245–1249.

WELTIN, H.: “A paradox” en *American Journal of Physics*, núm. 29, 1961, pp. 711–712.

CARACTERIZACIÓN DE LOS TALLERES DE CIENCIA RECREATIVA

Miguel García Guerrero
miguel@grupoquark.com

Grupo Quark, Museo de Ciencias,
Universidad Autónoma de Zacatecas

Los talleres de divulgación científica buscan construir nuevos espacios de comunicación del público con la ciencia, basados en flujos bidireccionales de información. Su esencia radica en el diálogo, en aprovechar los conocimientos y las experiencias previas de los usuarios para dar significado y relevancia a los temas científicos abordados.

Otros procesos de comunicación científica dirigidos al público no especializado normalmente facilitan el acceso a la ciencia de forma parcial: centrándose en el aspecto cognitivo, presentando los conocimientos en una forma terminada, ajenos a su esencia dinámica y a la mecánica que los hizo posibles. Para complementar esta labor es importante divulgar aspectos prácticos que permitan a las personas experimentar y construir experiencias asociadas a la ciencia. En este sentido, los talleres buscan recrear la ciencia en espacios no especializados. La esencia radica en aprovechar el contacto directo con las personas para ajustar la dinámica a sus necesidades e intereses; asignar al usuario un rol activo, a nivel experimental, intelectual y emocional, como no sucede en ningún otro medio de divulgación.

Los procesos que asignan una participación activa del público tienen un gran potencial para acercarlo de manera efectiva a la ciencia. Esto implica ceder a los “usuarios” el protagonismo del proceso de construcción de conocimientos.

Por esto debemos encontrar una metodología de trabajo en grupo que se desarrolle de la manera más horizontal posible, de modo que cada uno de los participantes se vea tan involucrado en la actividad como el mismo guía. De esta manera, cada individuo se convierte en protagonista dentro de la “investigación” que se constituirá en su proceso de aprendizaje (García, 2008).

Para maximizar la participación, la pertinencia se convierte en un elemento clave, pues debemos tomar en cuenta —a la par de las características y los objetivos del proceso que buscamos realizar— las necesidades, gustos y metas de los participantes. Así, el taller es una estrategia que nos permite englobar buena parte de las características mencionadas: “Uno de los mejores métodos para involucrarse en la ciencia y fortalecer el interés es realizando talleres, los cuales permiten experimentar sensorialmente los fenómenos que se manejan. No solo se trata de tomar una actitud pasiva, sino de adentrarse en la práctica” (Hidalgo, 2003).

A diferencia de la educación tradicional, o de otros formatos de divulgación, los talleres invitan a que los participantes descubran y construyan conocimientos, en lugar de solamente recibirlos. En estos talleres, se usan experimentos como agentes para detonar el análisis, la discusión y generación de conclusiones como un intento de replicar o recrear la labor científica, de ayudar a que los participantes jueguen a hacer ciencia.

Resulta otra modalidad de divulgar la ciencia, caracterizada por ser una actividad constructiva, lúdica y experimental de grupo, donde se motiva a descubrir o aprender algún concepto de ciencia. Además de promover un aprendizaje colectivo, favorecen que el trabajo en grupo brinde una experiencia social de intercambio de ideas y conocimientos, donde cada participante es reconocido como poseedor de conocimientos previos, tanto escolares como experienciales de un determinado tema o concepto, con el potencial de acceder a un conocimiento más estructurado o complejo presentado de una manera accesible —pero no por ello simplista— y de apropiarse de este conocimiento (García y Meza, 2007).

Los esfuerzos realizados por estas dinámicas parten de una serie de fundamentos que les dan sentido; se trata de concepciones implícitas en el taller respecto de la actividad científica, la forma en que las personas perciben la ciencia y las mecánicas con las que se propician aprendizajes; son supuestos teóricos, epistemológicos, pedagógicos y metodológicos que deben ser abordados para entender la forma en que se intenta desarrollar una cultura científica a través de este esfuerzo. Todos estos elementos nos conducen de manera natural a las características de la dinámica de los talleres; son las claves que se toman en cuenta para estructurar las actividades.

Las concepciones asociadas al taller delimitan una dinámica casi utópica, llena de bondades y con pocas limitaciones; sin embargo, en la realidad, los talleres enfrentan numerosos obstáculos y fallas tanto de origen interno como externo. Al final del presente capítulo, luego de la caracterización ideal, veremos la realidad del taller desde una perspectiva crítica, emanada del interior.

Fundamentos

El taller, como medio de actividades científicas para el público no especializado, cuenta con una serie de elementos conceptuales que dan sentido a su actividad. Se trata del marco teórico que a la vez guía y fundamenta su labor. La identidad de esta dinámica puede ser establecida a través de cuatro elementos esenciales que desarrollaremos a continuación: definición, epistemología, pedagogía y metodología.

Definición

Arnobio Maya establece que “la palabra taller proviene del francés *atelier*, y significa estudio, obrador, obraje, oficina. También define una escuela o seminario de ciencias a donde asisten los estudiantes” (Maya, 1996). El taller representa una herramienta pedagógica paralela a las metodologías usadas habitualmente en procesos formales y no formales; “podemos afirmar que es una importante alternativa que permite superar muchas limitantes de las maneras tradicionales de desarrollar la acción educativa, facilitando la adquisición de conocimiento por una más cercana inserción en la realidad y por una integración de la teoría y la práctica, a través de una instancia en la que se parte de las competencias del alumno y se ponen en juego sus expectativas” (Maya, 1996).

Con frecuencia, los talleres son identificados como espacios especializados en la construcción de objetos. En términos de divulgación, el taller representa el formato que busca integrar elementos activos y cognitivos para construir experiencias y conocimientos científicos: inicia con el planteamiento de un problema y tiene como objetivo esencial resolverlo; puede tratarse de una meta esencialmente cognitiva o de un proceso con resultados tangibles.

Los talleres de ciencia se caracterizan por dar inicio con la presentación de fenómenos y hechos científicos de menor complejidad o muy familiares para el participante, para posteriormente transitar hacia un abordaje más complejo, de tal manera que el participante entre en contacto con algunos fenómenos de la naturaleza relacionándose con conceptos, generalizaciones y explicaciones relativas a ciertos fenómenos que tienen una razón científica, y se interesa por saber qué sucede y por qué sucede, disfrutando a la vez de la novedad, la sorpresa, el reto (García y Meza, 2007).

La dinámica planteada implica la constitución de un equipo de trabajo, integrado por todos los participantes. El equipo asume la actividad como un proyecto que se debe desarrollar de manera colectiva, valorando los aportes de cada uno de los individuos involucrados. En síntesis, los talleres —como agentes de divulgación— intentan usar dinámicas experimentales como eje para crear grupos de investigación dedicados a indagar en fenómenos naturales, y construyen comunidades que al mismo tiempo recrean los conocimientos científicos y los validan.

Arnobio Maya (1996) ofrece seis puntos para definir el rol educativo de un taller:

1. Promueve la construcción del conocimiento a partir del mismo alumno y del contacto de este con su experiencia y con la realidad objetiva en que se desenvuelve;
2. Realiza una integración teórico-práctica del proceso de aprendizaje;

3. Permite que el ser humano viva el aprendizaje como un ser total y no solamente estimules lo cognitivo pues, además de conocimientos, se aportan experiencias de vida que exigen la relación de lo intelectual con lo emocional y activo;
4. Promueve una inteligencia social y una creatividad colectiva;
5. Construye conocimientos a través de un proceso de acción–reflexión–acción en el taller; esto permite su validación colectiva yendo de lo concreto a lo conceptual y nuevamente de lo conceptual a lo concreto, de una manera creativa, crítica y transformadora, y
6. Define el criterio de verdad del conocimiento por la producción activa colectiva y no por la autoridad de los textos, de los docentes o de otras fuentes secundarias.

Epistemología

La visión que adoptamos los talleristas de la ciencia y que, en consecuencia, damos a conocer, representa una gran influencia en las actividades con el público. No se trata solamente de un elemento abordado en forma de contenido, sino que se convierte en un eje rector para la metodología adoptada: los supuestos epistemológicos implícitos se convierten en forma y fondo del taller.

Consideramos que la filosofía de la ciencia puede contribuir a fundamentar epistemológicamente la didáctica de las ciencias. [...] Existen algunas analogías entre la construcción del conocimiento científico para algunas escuelas de filosofía de la ciencia y el aprendizaje científico en el aula por los estudiantes (Mellado y Carracedo, 1993).

Para adentrarnos en la perspectiva científica que los talleres buscan ofrecer al público, así como en la metodología que utilizan, necesitamos abordar las principales concepciones de la ciencia que pueden ser adoptadas por los talleristas. Contemplaremos, fundamentalmente, tres escuelas —racionalismo, empirismo u objetivismo, y constructivismo— que, en mayor o menor medida, resultan determinantes en la forma que concebimos y divulgamos la ciencia. En este sentido, hay que hacer énfasis en la naturaleza flexible y diversa de los talleres, ya que cada individuo que los lleva a cabo les imprime un sello característico, derivado de su carácter, concepciones y expectativas. Lo mismo sucede respecto de las perspectivas epistemológicas, cada divulgador refleja su visión en los talleres que realiza.

Resulta importante la toma de conciencia, por parte del educador, de sus convicciones sobre la naturaleza del conocimiento científico, sobre cómo este se genera, sobre las relaciones entre el conocimiento y la realidad y entre las distintas manifestaciones del saber científico, de modo que el educador pueda emplear, de manera explícita, estas ideas en el diseño de su acción pedagógica (Moreno y Waldegg, 1998).

Aunque, generalmente, la epistemología no es un elemento explícito en los talleres, sin duda los influye en forma considerable. Como complemento a la rápida descripción de cada una de las escuelas, abordaremos la forma en que estas modelan diferentes formatos de talleres; así, intentaremos caracterizar la articulación existente entre la epistemología y la didáctica de las dinámicas.

Racionalismo

El racionalismo es una de las corrientes más añejas en cuanto a la elaboración de conocimientos; se remite al siglo IV a. C., con el trabajo de los “Tres Grandes” de la antigua Grecia. Esta postura establece que la razón —el pensamiento lógico— es la principal fuente del conocimiento. “La escuela racionalista [...] destaca la importancia que la razón y los conceptos creados por la mente tienen en el proceso de formación y fundamentación del conocimiento científico” (Mellado y Carracedo, 1993). El racionalismo ubica toda la importancia de la construcción de conocimientos en el sujeto cognoscente. Representa, además, el desarrollo lógico de ideas o formalismos abstractos fundados en hechos evidentes o principios que son aceptados ampliamente para explicar el comportamiento de la naturaleza.

Existen talleres basados en modelos abstractos dedicados a recrear principios científicos ajenos a nuestra percepción sensorial. En ellos, la acción de los participantes no se realiza directamente con la naturaleza sino con un esquema que la representa. Son procesos basados en información de validez reconocida y que después se desarrollan de forma esencialmente cognitiva. Este tipo de dinámica representa un ejemplo de lo que Shapin (1991), al referirse al trabajo de Robert Boyle, denomina como “testimonio virtual”, pues excluye la posibilidad de corroborar de modo experimental las ideas producidas por los participantes. La validez de los conocimientos no se obtiene de datos tomados de la naturaleza, surge de la credibilidad del tallerista.

Objetivismo o empirismo

Representa una corriente opuesta al racionalismo puro e implica indagar en la naturaleza para develar sus principios. “Para

la tesis objetivista [...], el hecho científico es una revelación de los mecanismos que rigen el funcionamiento de la realidad. Los productos científicos consisten en el descubrimiento de las relaciones entre fenómenos naturales, que es un develamiento de una entidad objetiva que siempre ha existido independiente de la acción humana” (Arellano, 1999).

Según esta corriente, el conocimiento se origina en la experiencia, surge de un contacto directo con la naturaleza. “La actividad del sujeto que trata de conocer (el sujeto cognoscente) queda subordinada al objeto de su conocimiento y su actividad —primordialmente perceptual—, y solo puede producir un conocimiento que es reflejo fiel de una realidad externa estructurada” (Moreno y Waldegg, 1998). Para el objetivismo solo hace falta interactuar con la naturaleza —a través de artefactos experimentales— para acceder a conocimientos que explican y predicen su comportamiento.

La esencia de la obtención de conocimientos se encuentra en la interacción con un artefacto que sirve de puerta de acceso a los fenómenos naturales; permite recopilar información a través de la observación y la experimentación. El énfasis experimental de muchos talleres se desprende de esta escuela. Su interés es conseguir que los participantes obtengan o validen conocimientos a través de la percepción directa de un fenómeno. El grupo de trabajo se dedica a recrear y validar hechos experimentales, sin entrar al terreno del discurso o el análisis lógico para alcanzar otras conclusiones. Al contemplar solo el elemento experimental, se limita la posibilidad de una apropiación cognitiva completa de la información: la sola información, sin una base teórica, no puede ofrecer mucho sentido a los participantes. Los conocimientos

construidos en el taller terminan por ser superficiales o una imposición de los conceptos planteados por el guía.

Constructivismo

Pese a la marcada contraposición existente entre empirismo y racionalismo, existen posturas conciliadoras. Baste tomar en cuenta el trabajo de Emmanuel Kant:

Reaccionando al punto de vista realista–empirista, Kant (1724–1804) postula en su *Crítica de la razón pura* que, cuando el sujeto entra en contacto con su objeto de conocimiento, recibe impresiones sensibles que somete a un proceso organizador, mediante estructuras cognitivas innatas. Lo que resulta es el conocimiento. Así como el líquido adopta la forma del recipiente que lo contiene, así también las impresiones sensoriales adoptan las formas que les son impuestas por las estructuras cognitivas que las procesan (Moreno y Waldegg, 1998).

Dicho de otra manera, si bien la realidad existe de manera independiente al sujeto, la capacidad cognitiva del individuo funge como mediadora de los conocimientos que puede adquirir sobre la naturaleza. Los conocimientos terminan convirtiéndose en la proyección de la naturaleza sobre el individuo. De manera coincidente con esta postura, el siglo pasado apareció una corriente que involucra elementos importantes de las otras dos escuelas: la obtención directa de información de la naturaleza y el uso de la razón para crear modelos que expliquen fenómenos naturales. El constructivismo nos presenta una realidad que no es dada, sino construida (Knorr–Cetina, 1994).

Para el constructivismo, el hecho científico es una acepción de *factum* (hacer) que consiste en establecer convencionalmente explicaciones eruditas sobre la regularidad de los fenómenos observados. Dicho de otra manera, los asertos de la ciencia son invenciones humanas cuyo origen y validez se establece, en estricto sentido, en procesos sociales (Arellano, 1999).

Se considera que, a partir de la información empírica disponible, los científicos generan modelos abstractos que intentan describir los fenómenos de la naturaleza. La comunicación de estos modelos, con los correspondientes procesos de recreación, validación y aceptación en otras personas, representa una parte fundamental en el proceso de construcción de conocimientos científicos. Quedó atrás la idea de una verdad absoluta o de un conocimiento científico terminado; ahora pasamos a la creación de modelos verificables experimentalmente y a la construcción de procesos que los van recreando, cuestionando y enriqueciendo socialmente. Es así que:

el conocimiento científico no se extrae nunca de la realidad, sino que procede de la mente de los científicos que elaboran modelos y teorías en un intento de dar sentido a la realidad. Las teorías científicas no son saberes absolutos o positivos, sino aproximaciones relativas, construcciones sociales que, lejos de “descubrir” la estructura del mundo o de la naturaleza, la construyen o la modelan (Pozo y Gómez, 1998).

De forma análoga, los talleres contemplan una construcción activa de conceptos científicos por parte de sus participantes, aprovechando sus conocimientos y experiencias anteriores

como punto de partida. Se propician la interacción entre los participantes y fenómenos naturales para estimular la creación de conocimientos, experiencias y habilidades asociados a la ciencia.

La ciencia es un *proceso*, no solo un producto acumulado en forma de teorías o modelos, y es necesario trasladar a los alumnos ese carácter dinámico y perecedero de los saberes científicos [...] Se debe enseñar la ciencia como un saber histórico y provisional, intentando hacerles participar de algún modo en el proceso de elaboración del conocimiento científico, con sus dudas e incertidumbres... (Pozo y Gómez, 1998).

La dinámica permite a los participantes entender la construcción de conocimientos científicos como un proceso interminable del que han llegado a formar parte a través del taller.

Pedagogía

El taller es un agente de educación científica capaz de desempeñarse tanto en esfuerzos formales como no formales; como cualquier proceso educativo, cuenta con objetivos que orientan sus acciones y estrategias. Aunque su enfoque es diferente al de otros formatos, en términos generales, las metas del taller coinciden con las de la educación científica. Según Jiménez y Sanmartí, citados por Pozo y Gómez (1998), podemos establecer cinco grandes objetivos de los talleres:

1. El aprendizaje de conceptos y la construcción de modelos;
2. El desarrollo de destrezas cognitivas y de razonamiento científico;

3. El desarrollo de destrezas experimentales y de resolución de problemas;
4. El desarrollo de actitudes y valores, y
5. La construcción de una imagen de la ciencia.

Esto implica facilitar el acceso de los participantes al conocimiento y a las actividades científicas, así como a la vinculación de elementos científicos con la realidad de las personas a las que van dirigidos. Es necesario llevar a cabo un proceso de recontextualización; para conseguirlo, los talleres requieren de un marco de pensamiento capaz de guiar su acción y de un conjunto de valores, creencias y supuestos orientados a concebir, planear y ajustar su acción educativa. El marco de pensamiento es provisto por las teorías pedagógicas: “es con base en una teoría del aprendizaje como podemos establecer nociones defendibles de la manera como los factores decisivos de la situación de aprendizaje–enseñanza pueden manipularse efectivamente” (Ausubel, Novak, y Hanesian, 1983). Los talleres buscan ser dinámicas educativas flexibles, capaces de ajustarse a las características de sus usuarios. Cada grupo es único; sus integrantes tienen expectativas, conocimientos, perspectivas y habilidades distintivas. Con base en estos rasgos específicos, la dinámica busca sacar un provecho óptimo al proceso.

El constructivismo, como ya vimos en la perspectiva epistemológica, representa una gran influencia para los talleres. Sin embargo, por sí sola, su contraparte pedagógica no es capaz de resolver todas las situaciones que se presentan en una

actividad; es así que, para ajustarse de manera efectiva a las características de su grupo, los talleres aprovechan diversos elementos de varias teorías.

Conductismo

Esta teoría fue desarrollada a inicios del siglo pasado y se mantuvo muy vigente hasta la década de los sesenta, aunque en muchos casos sigue siendo —*de facto*— un agente activo en las prácticas educativas. Su énfasis se encuentra en estudiar la conducta de los participantes para tratar de predecirla y controlarla; busca métodos a través de los cuales sea posible inducir conductas específicas para favorecer aprendizajes.

El conductismo iguala el aprendizaje con los cambios en la conducta observable, bien sea respecto de la forma o de la frecuencia de esas conductas. El aprendizaje se logra cuando se demuestra o se exhibe una respuesta apropiada a continuación de la presentación de un estímulo ambiental específico [...] Los elementos clave son, entonces, el estímulo, la respuesta y la asociación entre ambos. La preocupación primaria es cómo la asociación entre el estímulo y la respuesta se hace, se refuerza y se mantiene (Ertner y Newby, 1993).

La memorización de información, sin ser abordada de manera explícita en la teoría, representa un elemento clave para la acción pedagógica del conductismo. Una de las mecánicas comunes consiste en que el docente exponga información, misma que deberá ser adquirida y posteriormente repetida por los estudiantes. Podemos asociar esta modalidad a lo que Ausubel denomina aprendizaje por recepción:

En el aprendizaje por recepción [...] el contenido total de lo que se va a aprender se presenta al alumno en su forma final. En la tarea de aprendizaje, el alumno no tiene que hacer ningún descubrimiento independiente. Se le exige solo que internalice o incorpore el material [...] que se le presenta, de modo que pueda recuperarlo o reproducirlo en una fecha futura (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983).

Este aprendizaje mecánico resulta efectivo en ciertas situaciones, como en los aprendizajes de escritura y matemáticas básicas, pero se muestra muy limitado cuando queremos procesos de verdadera apropiación de temas más complejos. De hecho, el abordaje conductista entra en conflicto con la concepción dinámica de la ciencia y sus conocimientos; se expone una imagen completa y acabada de las ideas científicas que contrasta de forma considerable con la epistemología constructivista. En términos generales, el conductismo tiene una gran debilidad; la falta de elementos para fortalecer los aprendizajes surge de la esencia misma de la teoría: no se toman en cuenta las dinámicas cognoscitivas que el individuo lleva a cabo al aprender; en cambio, el proceso se contempla realmente como una caja negra. Los conductistas no se interesan particularmente en los procesos internos del sujeto. Podemos decir que esta teoría es útil para desarrollar aprendizajes en lo relativo a datos o hechos, pero encuentra problemas para los procesos relacionados con conceptos.

Los hechos y datos se aprenden de un modo literal, consisten en una reproducción exacta, en la que el aprendiz no pone nada de su parte, salvo el esfuerzo de repetirla, mientras que los conceptos se aprenden relacionándolos con los conocimientos previos que se poseen. Así, la adquisición de hechos y datos es

de carácter todo o nada. En cambio, los conceptos no se saben “todo o nada”, sino que pueden entenderse en diferentes niveles (Pozo & Gómez, 1998).

Tal como difieren en su adquisición los datos y conceptos, también son diferentes en su olvido. Los primeros se desvanecen con facilidad de nuestra memoria cuando dejamos de usarlos o repasarlos; pero cuando conseguimos entender un concepto, su olvido no es repentino ni total; sin embargo, la apropiación de un concepto es más compleja.

Una persona adquiere un concepto cuando es capaz de dotar de significado un material o una información que se le presenta, es decir, cuando “comprende” ese material; donde comprender sería equivalente, más o menos, a traducir algo a las propias palabras [...]. Todos los rasgos hacen que el aprendizaje de conceptos sea más eficaz y duradero que el aprendizaje de datos, pero también más exigente. Sus resultados son mejores, pero las condiciones para que se ponga en marcha son también más difíciles (Pozo y Gómez, 1998).

Podemos ver cómo el proceso de comprensión de un concepto se asocia con las mecánicas de la divulgación científica. Se trata de procesos de recontextualización que conducen al individuo a recrear, de forma pertinente con su realidad, los conocimientos que está abordando en la actividad. Para conseguirlo, es preciso acercar a la persona también al contexto científico, y vincular los elementos científicos con las condiciones del individuo. Este tipo de proceso no es posible a partir de los preceptos conductistas. Para apuntalar la apropiación de conceptos —y facilitar la enseñanza de modelos científicos— fue necesaria

la aparición de nuevas corrientes de pensamiento pedagógico, teorías que revolucionaron nuestra visión de la educación durante la segunda mitad del siglo pasado.

Los estadios de Piaget

En la década de 1940, el psicólogo y epistemólogo suizo, Jean Piaget, realizó aportes esenciales para nuestro entendimiento sobre el desarrollo intelectual del individuo. Aunque su trabajo no representó una teoría pedagógica en el sentido estricto, consiguió establecer las bases para la aparición de nuevas formas de entender y abordar la práctica educativa. Piaget consideró que el desarrollo intelectual del individuo se lleva a cabo a través de varios estadios que definen el tipo de tareas que un individuo puede efectuar y resolver. Cada uno de estos estadios representa características cualitativas distintivas, con un grado de complejidad que resulta cada vez mayor en cuanto a las formas de pensamiento y representa completas reorganizaciones de las estructuras mentales. Conforme el individuo avanza en los diferentes estadios, consigue asimilar conocimientos cada vez más complejos.

El desarrollo psíquico, que se inicia al nacer y concluye en la edad adulta, es comparable al crecimiento orgánico: al igual que este último, consiste esencialmente en una marcha hacia el equilibrio (...) La vida mental puede concebirse como la evolución hacia una forma de equilibrio final representada por el espíritu adulto (Piaget, 1981).

Los reajustes en las estructuras surgen de las nuevas experiencias de la persona, al tiempo que sus acciones se convierten en aportes para el desarrollo cognoscitivo; poco a poco, las

estructuras mentales se adaptan a la realidad en la cual se encuentra inmerso el individuo. Por otra parte, para cada estadio es posible establecer las estructuras a las que un niño o joven es capaz de reaccionar favorablemente en un proceso de aprendizaje. De igual manera, y para el mismo estadio, podemos establecer las estructuras que escapan a sus capacidades en ese momento. El avance mental del individuo no implica desechar las estructuras anteriores; estas se convierten en las bases para estadios posteriores.

El desarrollo mental es una construcción continua, comparable al levantamiento de un gran edificio que, a cada elemento que se le añade, se hace más sólido o, mejor aún, al montaje de un mecanismo delicado cuyas sucesivas fases de ajustamiento contribuyen a una flexibilidad y una movilidad de las piezas tanto mayores cuanto más estable va siendo el equilibrio (Piaget, 1981).

Para Piaget (1981), existen cuatro periodos esenciales en el desarrollo cognoscitivo del individuo: el periodo de la inteligencia sensoriomotriz, el preconcreto, el de las operaciones concretas y el de las operaciones formales. Cada estadio se caracteriza por la aparición de estructuras distintivas, cuya esencia subsiste en el curso de los estadios anteriores en forma de subestructuras.

La inteligencia sensoriomotriz se desarrolla desde el nacimiento hasta la aparición del lenguaje y es integrada, a su vez, por seis estadios. Representa los procesos en que el individuo se familiariza con el ambiente y consigo mismo. De los dos a los siete años se desarrolla la etapa pre-operacional concreta, en la que aparece el pensamiento. Esta etapa se divide en dos formas: una primitiva, en la que las ideas se forman por meras

asimilaciones y se perciben acciones, pero sin incorporarlas a nuevas estructuras; en el segundo caso, la acción de pensar consigue crear esquemas: el niño se encamina a la realidad y a un pensamiento formal. Cuando los niños son capaces de tener experiencias concretas y de modificar su medio ambiente, acceden a lo que se denomina pensamiento pre-lógico.

Piaget (1981) estableció que alrededor de los siete años aparece en el individuo un elemento vital: la reflexión. El niño se presenta muchas incógnitas, no se conforma con cualquier respuesta, y lleva a cabo un proceso racional a través de un monólogo interno; esto se refleja tanto en sus acciones cotidianas como en la natural curiosidad por los fenómenos dados en su entorno.

Una vez inmerso en las operaciones concretas, el niño presenta un desarrollo cada vez más profundo. Cuenta con una forma de percibir el mundo mucho más parecida a la de los adultos, aunque aún no cuenta con una capacidad de abstracción. Es posible actuar directamente sobre los objetos, pero resultará muy complicado hacerlo sobre hipótesis o enunciados verbales; también es difícil llevarlos a entender conceptos asociados a fenómenos que no pueden percibir directamente.

El siguiente estadio, de las operaciones formales, está caracterizado por un pensamiento hipotético deductivo; el individuo cuenta con las condiciones adecuadas para procesar abstracciones. Cada vez se pueden asimilar conocimientos más complejos, que implican cosas que no se pueden visualizar directamente.

El trabajo de Piaget nos ofrece herramientas útiles para la búsqueda de pertinencia en los talleres, para recontextualizar de forma adecuada los modelos científicos que buscamos recrear. Si queremos que las actividades sean efectivas se tiene que considerar el grado de desarrollo mental de las

personas con que se habrá de trabajar; la planeación, ejecución y retroalimentación de las dinámicas se debe desarrollar en consecuencia. A partir del trabajo de Piaget, aparecieron importantes concepciones pedagógicas orientadas a tomar en cuenta los procesos cognoscitivos de los educandos y los vínculos de estos con sus compañeros como parte del proceso de aprender. Estos nuevos trabajos han impactado de manera considerable la acción docente y representan una gran influencia en el formato de trabajo de los talleres.

Zona de desarrollo próximo

El trabajo del ruso Lev Semenovich Vigotsky, “Origen Social de la Mente”, representa el complemento a los conceptos desarrollados por Piaget. Su labor fue casi paralela a la del suizo; sin embargo sus teorías fueron censuradas por el régimen de Stalin y se difundieron en los medios académicos occidentales hasta la década de 1960. Vigotsky se dedicó a estudiar el impacto que el medio y las personas que interactúan con un niño tienen en su proceso de aprendizaje; para él, cualquier proceso de interacción verbal con nuestros semejantes implica un estímulo para el desarrollo cognoscitivo. Estas interacciones requieren que asimilemos adecuadamente lo que se nos dice, o bien, que organicemos nuestras ideas para así hacernos entender.

En este proceso, el desarrollo cognoscitivo muestra una gran analogía con el trabajo científico, ya que ambos implican una contrastación de ideas que los empujará a avanzar. No hay nadie que haya nacido hablando perfectamente; solo intentando hacerlo, equivocándonos y teniendo alguien que corrija nuestros

errores es que podemos depurar gradualmente nuestra habla. Lo mismo pasa con nuestras ideas y pensamientos en general y, más adelante —para quienes se dediquen a la investigación—, con los mismos trabajos científicos (García, 2008).

Vigotsky le otorga un lugar fundamental en el aprendizaje a la interacción de los niños con los adultos y con sus compañeros; con esta perspectiva, se abre la posibilidad para establecer acciones cooperativas como estrategias de enseñanza. Frecuentemente, el código verbal usado por los adultos no coincide con el de los niños, lo cual puede impedir que se establezca un puente de comunicación efectivo. Es útil que participantes con mayor desarrollo funcionen como mediadores; también puede tratarse de algún conocimiento que resulte complejo para que el niño lo asimile, y es posible que precise la ayuda de otro participante para entenderlo; es así que también la interacción entre compañeros favorece el aprendizaje.

Se constituye en una relación experto–novato que —aplicada en un contexto educativo— puede ayudar enormemente a obtener mejores resultados. Cuando se trabaja entre iguales, los niños temen menos a expresar sus dudas, e incluso a equivocarse. En tales casos, se abre la posibilidad al desarrollo de un proceso de adquisición del conocimiento más libre, sin el temor a ser reprendido por un error (García, 2008).

Estos elementos fundamentan la idea del taller de estimular la interacción entre los participantes: la discusión y los intercambios le dan una mayor agilidad a la situación de aprendizaje a la vez que permiten retroalimentar las ideas de las personas

involucradas. Al actuar sobre su medio, los niños lo descubren, lo conocen y se lo apropian. Por lo tanto, es necesario, para optimizar el proceso de aprendizaje, asignar al participante un rol activo que —además de incrementar su conocimiento— favorezca el avance de sus capacidades.

Los elementos anteriores revisten una gran importancia para los procesos educativos; sin embargo, el mayor aporte de Vigotsky a las teorías del aprendizaje es lo que se conoce como zona de desarrollo próximo (ZDP). Cada persona, de acuerdo con su nivel de desarrollo cognoscitivo, es capaz de asimilar ciertos conceptos y de resolver satisfactoriamente ciertos problemas por sí solo; también existen otras situaciones fuera de su alcance individual, pero que pueden enfrentarse exitosamente con el apoyo adecuado, sea de docentes, compañeros o materiales didácticos. La ZDP es “la distancia en el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz” (Vigotsky, 1988).

Para conseguir que una persona o un grupo se apropie ciertos conocimientos es importante tener presentes sus ideas previas, edad y contexto, de modo que no se exceda su ZDP; en caso contrario, se puede desarrollar una dinámica muy complicada en la que los participantes no podrán involucrarse, o bien algo demasiado sencillo que aburra y no consiga alentar una participación activa. Además de indicarnos un potencial de aprendizaje, la ZDP “define aquellas funciones que todavía no han madurado, pero que se hallan en proceso de maduración, funciones que en un mañana próximo alcanzarán su madurez

y que ahora se encuentran en estado embrionario” (Vigotsky, 1988). Para que el desarrollo de las funciones señaladas se concrete es fundamental relacionar la interacción social y los procesos psicológicos del individuo: “lo que crea la ZDP es un rasgo esencial de aprendizaje; es decir, el aprendizaje despierta una serie de procesos evolutivos internos capaces de operar cuando el niño está en interacción con las personas de su entorno y en cooperación con algún semejante” (Vigotsky, 1988).

Cualquier desarrollo presente en las estructuras del individuo se lleva a cabo en dos niveles: uno originado en el plano social y otro en el psicológico. Primero se llevan a cabo los procesos interpsicológicos, asociados al grupo o a las personas involucradas en la actividad y, posteriormente, los intrapsicológicos, ligados intrínsecamente a las estructuras propias del individuo.

Uno de los grandes elementos que Vigotsky nos aporta para estructurar las actividades del taller es la idea de centrar la dinámica en los participantes y su interacción, tanto con sus compañeros como con el objeto de estudio. También se busca poner la misma atención en el proceso que en el resultado, y trabajar para desarrollar en los participantes tanto experiencias como conocimientos.

Aprendizaje significativo

Inspirado por el trabajo de Piaget, David Ausubel desarrolló uno de los elementos pedagógicos más importantes del siglo pasado: la teoría del aprendizaje significativo. El origen de esta teoría se encuentra en la necesidad de producir una alternativa al aprendizaje repetitivo o memorístico con el fin de crear un proceso educativo más eficiente, capaz de fomentar una permanencia de los conocimientos mucho más prolongada.

Ausubel planteó el proceso del aprendizaje de nuevas ideas en función del enlace que estas pueden tener con el desarrollo previo de la estructura cognoscitiva del individuo; en la medida que la nueva información se relacione con la que ya se cuenta, o incluso la tome como punto de partida, será más fácil llevar a cabo el proceso de transmisión o construcción de conocimientos. En sus propias palabras: “si tuviese que reducir toda la psicología educativa en un solo principio, enunciaría este: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñesele en consecuencia” (Ausubel, 1978). Ausubel asocia directamente el aprender con el comprender, en el sentido de que un conocimiento no puede ser aprendido realmente si no entendemos cabalmente de qué se trata. No hay aprendizaje sin un adecuado proceso de apropiación de la información abordada.

Para Ausubel, el aprendizaje de la ciencia consiste en ‘transformar el significado lógico en significado psicológico’, es decir, en lograr que los alumnos asuman como propios los significados científicos [...] Lo importante es que los alumnos acaben por compartir los significados de la ciencia. Este énfasis en un conocimiento externo al alumno, que este debe recibir con la mayor precisión posible, se complementa con el supuesto de que los alumnos poseen una lógica propia de la que es preciso partir (Pozo y Gómez, 1998).

No es posible que los talleres alcancen resultados positivos si solo se tienen en cuenta los conocimientos que se pretende recrear; es necesario diseñar lo que Ausubel llamó “organizadores previos” para estimular el desarrollo de un proceso

óptimo de adquisición del conocimiento. Estos organizadores representan lazos cognoscitivos con la estructura existente que permitirán a los participantes establecer relaciones significativas con la nueva información abordada en la actividad.

Podemos hablar de una construcción del conocimiento a modo de cadena, en la que un concepto dado funge como eslabón firmemente asido por los conocimientos previos, y listo para enlazarse con el próximo concepto. Si el vínculo entre dos ideas es muy débil, la cadena se romperá, y entre más sólido sea más difícil será olvidar el conocimiento (García, 2008).

Para conseguir que se produzca un aprendizaje significativo existen tres condiciones básicas establecidas por el propio Ausubel:

1. Los materiales de enseñanza deben estar estructurados lógicamente con una jerarquía conceptual, situándose en la parte superior los más generales, inclusivos y poco diferenciados;
2. La enseñanza debe organizarse respetando la estructura psicológica del alumno, es decir, sus conocimientos previos y sus estilos de aprendizaje, y
3. Los alumnos deben estar motivados para aprender.

El último punto es de una relevancia enorme, puesto que nada importa que se usen las mejores teorías y dinámicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje si no se cuenta con la disposición de participar y aprender por parte de los participantes.

Constructivismo

A partir de las nociones teóricas que hemos revisado, surgió una nueva teoría que guarda una estrecha relación con elementos epistemológicos de la ciencia: el constructivismo.

La idea de que los alumnos pueden acceder a los conocimientos científicos más relevantes mediante un descubrimiento más o menos personal parte del supuesto de que están dotados de unas capacidades intelectuales similares a las de los científicos, es decir [...], hay una compatibilidad básica entre la forma en que abordan las tareas los científicos y la forma en que la abordan los niños [...]. La mente de los alumnos estaría formateada para hacer ciencia y, de hecho, la ciencia sería un producto natural del desarrollo de esta mente [...]. Todo lo que hay que hacer, que no es poco, es lograr que los alumnos vivan y actúen como pequeños científicos (Pozo y Gómez, 1998).

Así como la perspectiva constructivista de la ciencia considera que los investigadores generan modelos para explicar los fenómenos naturales, el enfoque pedagógico anima a los participantes a construir conocimientos asociados a los elementos abordados en el proceso educativo. Ambos casos implican importantes procesos de acción cognoscitiva y social; se generan, comunican, enriquecen y descartan ideas.

El constructivismo, como teoría pedagógica, busca un proceso equilibrado entre la influencia del entorno social y las disposiciones internas del individuo; resulta, en realidad, un producto de la interacción cotidiana de estos dos factores, una amalgama de los procesos psicológicos y sociales del sujeto. El conocimiento no representa una copia ni un reflejo de la

realidad, sino la proyección de esta en el individuo; es resultado de las construcciones que cada persona realiza a partir de los esquemas que ya posee. Se confiere una naturaleza intrínsecamente individual a la adquisición del conocimiento, no en el sentido de un proceso solitario, pero sí único, definido por la naturaleza propia del individuo y su interacción con el medio; por lo mismo, no todas las personas aprenderán de la misma manera. En los talleres se pone especial atención en no coartar las aptitudes individuales y estrategias propias de aprendizaje, al tiempo que se cuida el avance del trabajo en grupo.

En todo aprendizaje constructivo va implícita la apropiación de un concepto nuevo, mediante la cual el individuo aprovecha sus estructuras previas para asimilar los nuevos conocimientos. Casi tan importante como adquirir el conocimiento resulta la adquisición de las habilidades necesarias para hacerlo propio, las cuales —junto a la información misma— serán protagonistas de nuevos procesos y situaciones.

La idea básica del llamado enfoque constructivista es que aprender y enseñar, lejos de ser meros procesos de repetición y acumulación de conocimientos, implican transformar la mente de quien aprende, que debe *reconstruir* a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos [...] Las razones de este impulso constructivista pueden encontrarse en diversos planos o niveles de análisis que vienen a empujar en una misma dirección, aunque con apreciables diferencias (Pozo & Gómez, 1998).

El “Método de Proyectos” es un modelo constructivista de especial importancia para los objetivos de divulgación de la ciencia, sobre todo para los procesos experimentales; se aprovecha

especialmente para fomentar la interacción en situaciones específicas y significativas, para estimular el “saber”, el “saber hacer” y el “saber ser”, es decir, lo referente a conceptos, procedimientos y actitudes. Este formato de trabajo representa un apoyo para dar a conocer la ciencia como algo más que un conjunto de conocimientos; de hecho, nos permite establecerla como un esfuerzo sistemático —en constante revisión y evolución— para construir conocimientos relativos a los fenómenos naturales.

Problematización del aprendizaje

Paulo Freire fue un educador y teórico brasileño que trabajó durante la segunda mitad del siglo pasado; en su trabajo más importante, *Pedagogía del oprimido*, brindó importantes elementos para replantear la esencia de los procesos educativos. En primer lugar, caracterizó algunos problemas fundamentales de la educación tradicional, como el protagonismo excesivo del profesor y los procesos unidireccionales e incuestionables de transmisión de la información:

El educador aparece como el agente indiscutible [...] cuya tarea indeclinable es “llenar” a los educandos con los contenidos de su narración. Contenidos que solo son retazos de la realidad, desvinculados de la totalidad en que se engendran y en cuyo contexto adquieren sentido (Freire, 1972).

La situación planteada es especialmente preocupante para muchos procesos asociados con la enseñanza de la ciencia, pues los conocimientos científicos se presentan terminados, sin opción a ser cuestionados, con lo que se traiciona la esencia

de la ciencia y se restringen las oportunidades para vincularla con la realidad que le dio origen.

Freire criticó, además, lo que él estableció como “educación bancaria”: la dinámica en que los docentes se valen del discurso como agente para guardar información en los alumnos. Se trata de un proceso pasivo, en el que los maestros deciden los elementos que serán transferidos a sus receptores, y simplemente se dedican a acumular información en ellos.

La educación dominadora se convierte en el acto de depositar, en la cual los y las educandos son los depositarios y el/la educador(a) es quien deposita los conocimientos. Este tipo de educación es narrativa, discursiva y disertadora, no permite que hombres y mujeres “puedan ser”, pues los sitúa al margen de la praxis (Freire, 1972).

El pedagogo brasileño le otorga gran importancia a la acción y al protagonismo del individuo en los procesos educativos; ya no se debe pensar en formarlo, más bien debemos procurar ofrecerle las condiciones para que se forme a partir de situaciones de aprendizaje relacionadas con su realidad. Freire propone problematizar los procesos educativos en contextos relacionados directamente con la vida de sus participantes, para darle un sentido real a las situaciones abordadas por las personas en los procesos educativos.

En la educación problematizadora, alternativa a la bancaria, los educadores y educandos son sujetos de su praxis, se supera la falsa conciencia del mundo al ser la acción transformadora–humanizadora de los hombres y mujeres. Al no existir imposición de lo que se aprende,

la posesión del conocimiento del mundo por parte del educando se realiza de manera libre, siendo apoyada por el educador/a, cuyo papel es ser facilitador simplemente. La educación entonces debe rehacerse a sí misma a través de la práctica constante (Freire, 1972).

Así, las personas pasan de verse como objetos de opresión para convertirse en sujetos capaces de ser y de transformar su realidad. El diálogo para descubrirse como ser en este mundo es la metodología precisa de la educación liberadora. Mediante la palabra podemos aspirar a transformar la realidad.

En la relación dialógica problematizadora educador–educando, la educación no es una imposición, sino la devolución sistematizada, organizada y acrecentada de los elementos construidos por los educandos/as. Para hablar con nuestras educandas y educandos es necesario jamás imponer nuestra visión del mundo, sino dialogar con ellas y ellos sobre su visión y la nuestra, su pensamiento–lenguaje referido a la realidad para encontrar sus temas generadores de conciencia (Freire, 1972).

Al conjugar las ideas de Freire con otras de las teorías revisadas, podemos ver en los talleres la oportunidad para revolucionar la educación y la divulgación científicas, para convertirlas en procesos del usuario y para el usuario; ello requiere, sin embargo, intentar redefinir el rol del educador en los talleres como el de un facilitador, un guía dedicado a establecer las condiciones necesarias para que los participantes puedan construir sus propios conocimientos a partir de sus estructuras cognoscitivas y experiencias previas. El eje principal para estos procesos debe ser el planteamiento adecuado de problemas, para tratar de resolverlos a través del taller.

Arsenal selectivo

Los talleres son dinámicas muy flexibles. En lugar de imponer su forma de trabajo de manera rígida, pueden y deben ajustarse a las características del grupo para ejecutarse de manera exitosa; tal versatilidad requiere de poderosas herramientas y habilidades didácticas. Aunque los elementos teóricos resultan de gran importancia como marco para los talleres, no es bueno “casarse” con ninguna visión específica. La esencia del taller radica en la actividad, a través de la cual los guías pueden y deben adquirir una capacidad efectiva para desarrollar las dinámicas; sin embargo, la actividades requieren de nociones pedagógicas para guiarse; es imprescindible aprovechar los elementos teóricos para mejorar la forma en que divulgamos la ciencia.

Entonces, las teorías pedagógicas son para el tallerista algo así como “el cinturón de Batman”: ofrecen una serie de herramientas que nunca serán usadas todas en el mismo contexto; a la vez, ninguna de ellas podrá, por sí sola, ayudar a enfrentar satisfactoriamente todas las situaciones posibles. De la misma forma, las teorías pedagógicas nos dan elementos para desarrollar talleres exitosos en contextos muy variados.

El tallerista debe ser capaz de distinguir cuáles teorías le pueden ser útiles para divulgar la ciencia de forma efectiva según las características de los participantes, los temas abordados y los modelos utilizados. Su misión es aprovechar los elementos pedagógicos a su disposición para recrear la ciencia de forma pertinente con su grupo.

Metodología

Una vez considerado el marco de acción —asociado al eje pedagógico de las dinámicas— es preciso establecer las

líneas específicas que surgen de la teoría para dar sentido práctico a los talleres. Se trata de la estructura de un método que le da identidad a los procesos que se llevan a cabo. A diferencia de las teorías pedagógicas, cuyo uso es selectivo, los elementos metodológicos son agentes necesarios para el buen desempeño de los talleres. Existen cuatro grandes elementos que definen la metodología del taller de ciencia recreativa: trabajo en equipo, uso de conjeturas, aprendizaje lúdico y desarrollo de habilidades.

Trabajo en equipo

La dinámica del taller pretende incorporar a todos los participantes en un esfuerzo colectivo dedicado a conocer y explicar los fenómenos abordados en las actividades. Para lograr que cada individuo se convierta en protagonista del proceso realizado se deben respetar y aprovechar sus características: conocimientos, dudas, experiencias y habilidades. En lugar de establecer elementos genéricos de acción para todas las personas involucradas, los talleres permiten diversificar las tareas a realizar; así, el grupo se transforma en un equipo que requiere de los aportes específicos de cada persona para resolver el problema planteado.

Los grupos de trabajo se han de estructurar de un modo que propicie la labor en equipo de una manera horizontal, tratando de evitar individualismos. Dicho esto, es común encontrar un integrante del grupo que naturalmente asume el liderazgo en la actividad. A quien asuma tal rol —aprovechando sus propias aptitudes— se le podrá encomendar evitar los rezagos de miembros de su equipo (García, 2008).

Al interior de los equipos se intenta mantener activas a todas las personas; por tanto, es vital crear un ambiente de libertad y tolerancia para el aporte e intercambio de puntos de vista. “Las discusiones dentro de los equipos se vuelven fundamentales para estimular a los participantes a alcanzar un óptimo desarrollo de sus habilidades de expresión” (García, 2008). Se permite que los integrantes del equipo establezcan posturas, contrasten ideas, planteen inquietudes y generen conclusiones. En resumidas cuentas, el taller intenta maximizar la interacción entre las personas involucradas.

En un sentido científico, el equipo constituye una comunidad que —a través del taller— se involucra en el proceso de construcción de conocimientos científicos. El grupo sirve para atestiguar y validar hechos científicos a través de experimentos.

Uso de conjeturas

Cada vez que enfrentamos un problema o tratamos de resolver una pregunta, es necesario generar una conjetura; se trata de un intento por resolver o explicar la situación planteada desde el inicio. Cotidianamente realizamos un gran número de conjeturas asociadas a nuestra vida, aunque muchas veces se trate de un proceso inconsciente. Por lo general, el sentido común resulta una gran guía para que nuestros intentos resulten acertados; empero, cuando la situación no está relacionada con nuestros conocimientos y experiencias previos, disminuye el grado de éxito de las conjeturas elaboradas. La realidad, a través de los fenómenos que podemos percibir, es el principal árbitro para determinar la validez de los planteamientos que realizamos. Vemos aquí una gran similitud con el trabajo científico: los experimentos

representan el principal agente para corroborar o descartar modelos que intentan explicar distintos fenómenos.

En ninguna actividad humana este esfuerzo resulta tan importante como en el caso de la ciencia. La mayor parte del tiempo, el trabajo de los investigadores resulta en errores. El proceso de identificar los desaciertos y corregirlos es el que conduce al valioso conocimiento científico. Son los mismos errores los que otorgan un mayor aprendizaje y finalmente conducen a teorías que describen satisfactoriamente la naturaleza (García, 2008).

Desafortunadamente, en los procesos educativos formales, el ambiente no resulta el más propicio para estimular a los participantes a formular conjeturas. Esto se desprende del gran estigma asociado al error; los estudiantes temen aventurarse a dar una respuesta por temor a equivocarse. Con el uso de conjeturas, el taller busca establecer el valor del error: darlo a conocer como un agente importante para el trabajo científico y para muchas situaciones de la vida misma. En la educación, el error no es un obstáculo, por el contrario, brinda la oportunidad para construir y fortalecer aprendizajes: “inculcar a los niños la costumbre de elaborar conjeturas para resolver problemas no solo les dará una idea más clara del trabajo científico, sino que ayudará a que pierdan el miedo a equivocarse y asuman, por fin, un rol más activo en su educación” (García, 2008).

Es importante aclarar que no es bueno asumir posturas extremistas. Cuando se presiona a los participantes a aportar conjeturas, se genera una situación de tensión que puede hacer desagradable la actividad. La clave para un buen desarrollo de los talleres radica en estimular a los participantes a plantear sus

ideas de un modo libre y en un ambiente de tolerancia; si en el proceso se permite a los usuarios decidir cuándo participan y cuándo no —tomándolos en cuenta siempre que se atreven a hacer un aporte— será más fácil que se apropien de la actividad.

Aprendizaje lúdico

Pocas actividades en nuestro mundo pueden ser encontradas en contextos tan diversos como el juego. No importan las características socioculturales específicas, los seres humanos siempre nos vemos acompañados de dinámicas lúdicas. El juego ofrece un potencial inmenso para los esfuerzos dedicados a propiciar aprendizajes, y tendemos a llevarlo a cabo de manera instintiva. El jugar no tiene que enseñarse, lo traemos de fábrica ya que “el hombre nace a la vida jugando, manipulando en su entorno los elementos que le acompañarán a lo largo de toda su existencia. En este juego creador, el niño va conquistando trazo a trazo las distintas y multifacéticas capacidades, habilidades y destrezas con las que habrá de enfrentar su vida posterior” (Hidalgo, 2003).

Al referirse al proceso de adaptación a la realidad, Piaget confiere a las actividades lúdicas un gran valor como herramienta de evolución cognoscitiva, pues constituyen un instrumento innato que nos permite conocer nuestro entorno y desarrollarnos intelectualmente.

Así, el juego en la infancia no es un mero accidente; con la aparición del símbolo lúdico, predominio de la asimilación sobre la acomodación, según Piaget, llega a su apogeo lo característico del juego infantil: la posibilidad de que el niño cree un mundo hecho a su medida gracias a configuraciones simbólicas (Hidalgo, 2003).

Si bien parece que el juego resulta una herramienta maravillosa para las actividades de divulgación desarrolladas en los talleres, existen marcadas resistencias para su ejecución educativa.

Irónicamente, aunque constituye nuestro primer medio de aprendizaje, por lo general, el juego se concibe como un obstáculo o distracción para aprender [...] Como el juego siempre se encuentra asociado con diversión, pareciera asumir un rol antagónico respecto de la labor educativa (García, 2008).

Freud concebía el juego como una sublimación de los contenidos del inconsciente: una actividad en la que nos embarcamos en busca de placer. A través del placer asociado a un juego recibimos un gran estímulo para involucrarnos de lleno en él y conseguir importantes avances cognoscitivos en el proceso. Los talleres de ciencia recreativa, como procesos lúdico-experimentales, pueden constituirse en dinámicas educativas que dejan de ser una obligación y llegan a ser un regocijo para los participantes; con esto se consigue que, con frecuencia, su participación no se limite solo a una dinámica específica, sino que repitan la actividad en otros espacios o se mantengan ligados a la ciencia recreativa.

Además de convertirse en un estímulo catalizador del proceso educativo, el juego nos ofrece diversas ventajas. Existen dos importantes interacciones de los participantes en un juego: las que se llevan a cabo con objetos —y permiten a las personas conceptualizar su mundo—, y las que se realizan con otros individuos, fomentando el conocimiento interpersonal, especialmente entre educador y participante (García, 2008). En estos procesos radica la clave de la interactividad del taller.

Desarrollo de habilidades

Los talleres ofrecen una importante oportunidad para fortalecer habilidades relacionadas con la ciencia: “el taller pedagógico resulta una vía idónea para formar, desarrollar y perfeccionar hábitos, habilidades y capacidades que le permiten al alumno operar en el conocimiento y —al transformar al objeto— cambiarse a sí mismos” (Maya, 1996).

A partir de una estimulación adecuada, se pretende aprovechar las actividades para realizar útiles ejercicios de iniciativa, creatividad y crítica. Estos elementos van asociados a la ciencia y, además, son esenciales en un buen desarrollo cognoscitivo del individuo.

Iniciativa. Es una virtud fundamental, necesaria para cualquier actividad; se requiere para involucrar a las personas en un proceso específico de manera que se comprometan en él. El taller recreativo intenta combatir la apatía y la pasividad respecto de la ciencia, asignándole a los participantes un rol activo en los procesos de solución de problemas y construcción de conocimientos.

Creatividad. Requiere cristalizar los productos de la imaginación en soluciones concretas para los problemas a los que se enfrentan los participantes. Con la creatividad podemos desarrollar nuevas ideas y soluciones para los problemas que enfrentamos, así como alternativas que optimicen o enriquezcan la realización de juegos y experimentos. Roberto Hidalgo, inspirado por el trabajo de Torrance, nos ofrece seis puntos orientadores para establecer condiciones favorables al pensamiento creador:

1. Tratar con respeto las ideas insólitas. En opinión de Torrance, la sociedad tiende a rechazar a los pensadores creativos, en

particular cuando son jóvenes. Lo mismo ocurre en el sistema educativo de naturaleza coercitiva y con especial preocupación en el establecimiento de normas de conducta. Los maestros deben escapar de ese papel y buscar un tipo de relación en la que el alumno creador se sienta previsto de un “refugio”.

2. Tratar con respecto las preguntas insólitas. El profesor debe ser “auspiciante o patrocinador”, debe alentar y apoyar a que el alumno piense por sí mismo y se exprese. Debe protegerlo de las reacciones de sus semejantes en forma suficiente como para que ponga a prueba algunas de sus ideas y las modifique.
3. Mostrar a los alumnos que sus ideas tienen valor. Ayudarlos a comprender su divergencia. Según Torrance, los jóvenes creadores frecuentemente se sienten confundidos por su propia conducta y, en tal sentido, necesitan ayuda para comprenderse a sí mismos.
4. Dejarlos comunicar sus ideas. El joven altamente creativo siente una imperativa y desusada urgencia de explorar y crear. Cuando se le ocurren las ideas siente la necesidad de comunicarlas, por esto se inhibe gradualmente debido a la reacción adversa del medio.
5. Procurar que el alumno cuente con la confianza y las condiciones para comunicar en todo momento sus ideas.
6. Dar oportunidades de aprendizajes iniciados por ellos mismos, o dar crédito por ellos. Cuidar que se reconozca

el talento creador. Torrance indica que existen pruebas sólidas en el sentido de que gran parte del talento creador pasa inadvertido. El educador debe aprender a identificar ese talento y contribuir a que se reconozca (Hidalgo, 2003).

Por sí misma, la creatividad representa una valiosa aportación al crecimiento del individuo; sin embargo, es importante complementarla con una virtud opuesta, capaz de complementarla y enriquecerla.

Crítica. Ayuda a identificar la viabilidad y potencial de las ideas; detecta errores que a su vez requerirán de creatividad para ser resueltos. Mediante la crítica, favoreceremos una cimentación sólida de nuestros conocimientos, para fortalecer el fundamento de los aprendizajes. Por otro lado, se intenta formar individuos capaces de detectar errores en los modelos que han desarrollado para explicar diversos fenómenos, a los que no se les dificultará modificar (o arreglar) sus propias ideas.

Como parte de los procesos de discusión —llevados a cabo en los mismos talleres— es importante que los participantes sean capaces de analizar, comparar, discriminar y descartar ideas de manera racional. Con esto se fortalecen las acciones del taller y se le ofrece al individuo la posibilidad de hacer suyo un elemento de gran relevancia para procesos de toma de decisiones.

Las Dinámicas

La clave de la identidad de los talleres se encuentra en un carácter práctico en diferentes niveles: origen, esencia y quehacer cotidiano. Aquí hemos abordado primero la caracterización

teórica de los talleres; sin embargo, para muchos talleristas, la dinámica de trabajo se desarrolló primero de forma empírica y posteriormente se estructuró una fundamentación. Con frecuencia, los grupos de talleristas no llegan a establecer elementos de justificación para la metodología utilizada.

Para conocer mejor estas dinámicas de ciencia recreativa es conveniente abordar de manera directa las actividades asociadas a los talleres, aquellas que les dan vida aun antes de adquirir conciencia de sus fundamentos. Los puntos considerados a continuación surgen de una perspectiva eminentemente pragmática, resultado de la trayectoria personal de 17 años en talleres y el contacto con colegas de gran experiencia como Antonio Villarreal, Roberto Sayavedra, Hugo Jasso, Luis Meza y Francisco Alcaraz, por mencionar algunos.

Clasificación

Los talleres son capaces de ajustarse para obtener un óptimo desempeño en función del grupo, el contexto o el modelo de actividad con que se trabaja. Dentro de esta maleabilidad, podemos distinguir cuatro formatos esenciales en los esfuerzos de divulgación por este medio. Aunque cada uno ofrece elementos valiosos para situaciones específicas, con frecuencia pueden combinarse para obtener mejores resultados.

Experimentos. Los talleres realizados a través de experimentos son actividades doblemente recreativas, procesos orientados a divertir o deleitar a sus participantes al tiempo que los llevan a volver a crear, en su contexto, los conocimientos científicos abordados. Se trata de los talleres de divulgación por excelencia, el modelo más general, que incluso sirve de base para

algunos de los otros formatos. Los experimentos ayudan a crear dinámicas estimulantes para los participantes y ofrecen una ilustración práctica de los conceptos científicos abordados.

Frente a la idea de que la mejor forma de enseñar ciencia es transmitir a los alumnos los productos de la actividad científica, es decir, los conocimientos científicos, otra corriente importante en la educación científica [...] es la de asumir que la mejor manera de que los alumnos aprendan ciencia es haciendo ciencia, y que su enseñanza debe basarse en experiencias que les permitan investigar y reconstruir los principales descubrimientos científicos [...] la mejor manera de aprender algo es descubrirlo o crearlo por ti mismo, en lugar de que otra persona haga de intermediario entre ti y el conocimiento (Pozo y Gómez, 1998).

Los talleres experimentales inician con una pregunta, un planteamiento inicial que conduce al grupo a indagar en la naturaleza e intentar descubrir cosas nuevas; para ello, se aprovechan tres elementos: la interacción con un dispositivo experimental, un discurso usado por el guía para involucrar a los participantes en el proceso y un proceso de socialización de ideas en que los usuarios producen modelos para explicar lo que han observado en la actividad. Su desarrollo “ideal” buscaría una dinámica constructivista: actividades lúdicas en que van de la mano el descubrimiento de fenómenos nuevos y la construcción de modelos que intentan explicarlos de forma coherente. El proceso de investigación toma los conocimientos y experiencias previos de los participantes como punto de inicio y base de apoyo; posteriormente, combina experimentos, conjeturas y discusiones para desarrollar el

proceso de recreación de conocimientos. Así, este tipo de taller construye una comunicación interactiva alrededor del experimento. No se trata de que el guía transmita a los participantes conocimientos terminados; en realidad, se intenta facilitar las condiciones para que el grupo pueda recrear ciertos conocimientos científicos y se haga partícipe de su construcción social.

Retos. Una variante problematizadora para las actividades son los retos; en ellos se busca que los participantes logren algo inverosímil a partir de su experiencia cotidiana, pero que es posible realizar si se usan las estrategias adecuadas. Con esta alternativa, se pretende romper los esquemas del participante de un modo más fuerte que si solo hubiese visto a otra persona realizar la tarea planteada. Para enfrentar estos procesos de manera exitosa, los participantes deben involucrarse de lleno en la dinámica, aportar sus habilidades, experiencias y conocimientos para ocuparse en la solución del problema. En especial, es importante echar mano de su creatividad; una habilidad poco usada o desarrollada en otros procesos educativos, pero que resulta de gran valor para la evolución cognoscitiva del individuo. Una vez que se han producido conjeturas para resolver el problema, los usuarios realizan un proceso de experimentación: ponen a prueba sus ideas, determinan si son capaces de dar solución al reto o si necesitan retroalimentarlas para construir nuevas aproximaciones.

Este caso nos ofrece otra útil posibilidad: enfrentar a los participantes con el problema de explicar algo que no creían posible, con lo cual aparece un conflicto cognitivo. Deben revisar cada factor que potencialmente afecta el fenómeno y

decidir qué es lo que lo hace posible. Confrontamos al individuo con sus ideas para buscar cuáles están equivocadas, o bien para determinar los elementos que le falta tomar en cuenta. Mediante los retos, abordamos indirectamente

un proceso cotidiano en la investigación científica, en donde comúnmente nos topamos con eventos inesperados dentro de los experimentos. Tales sucesos nos conducen a eliminar errores, reacomodar las teorías existentes (o crear nuevas) para explicarlos (García, 2008).

Los retos son una de las dinámicas que enfrentan más problemas para involucrar a los participantes de forma activa: es preciso vencer fuertes inercias educativas para lograrlo. Hay, además, arraigados temores al error o al fallo que inhiben el aporte de ideas de muchas personas. Este formato es muy importante para mostrar la importancia del error en la construcción de conocimientos científicos.

Demostraciones. Hay ocasiones en que sacrificamos la interacción física del taller para garantizar la seguridad de los participantes o la integridad del equipamiento usado; por lo general, estas dinámicas implican experimentos de gran interés o espectacularidad. En una demostración, el experimento solo es manipulado por el guía, quien realiza importantes esfuerzos para equilibrar la falta de interacción física con una mayor participación de los usuarios en los niveles intelectual y emocional. Para conseguirlo, es útil abordar la dinámica como espectáculo: la función debe mover el ánimo de los participantes, divertirlos, entretenerlos y asombrarlos para mantener su

atención; al mismo tiempo, se debe alentar el aporte de ideas aún más que en las otras modalidades de taller. Para facilitar la construcción de explicaciones, es común complementar con sencillas actividades de apoyo relacionadas con el fenómeno abordado sin las limitaciones del experimento principal.

Modelos abstractos. La ciencia moderna incluye un gran número de modelos asociados a fenómenos que, por su escala, no podemos observar de manera directa; tal es el caso de la astrofísica, la biología molecular, las nanotecnologías y la física cuántica, por citar algunos ejemplos. Los modelos abstractos son juegos simbólicos en los que un dispositivo sustituye un experimento para ilustrar sucesos ajenos a nuestra experiencia sensorial directa.

Los modelos abstractos intentan mantener la interacción física en el taller aun si no se realiza directamente con el fenómeno abordado; sin embargo, requieren de gran cuidado en el diseño y ejecución de la dinámica para no caer en la vulgarización. Estos modelos responden a los testimonios virtuales apoyados en un aparato; como en cualquier representación, se debe garantizar la fidelidad del modelo con su esencia científica.

Estructura

Aunque los talleres de ciencia recreativa son dinámicas muy heterogéneas que varían de modo considerable en función de las personas involucradas, es posible identificar elementos esenciales que aparecen en los procesos realizados por la mayoría de los talleristas. La estructura de los talleres está compuesta por diferentes fases que dan sentido al desarrollo de la actividad. No necesariamente aparecen todas o en un orden específico, pero representan la columna vertebral del taller.

Presentación. El guía se identifica ante su grupo y hace hincapié en que los participantes lo llamen por su nombre; esto es importante para propiciar una atmósfera de mayor cercanía, al hacer que se le vea como un igual o un compañero en lugar de como un maestro. A continuación, se presenta la dinámica a realizar: puede plantearse como un juego científico y se indica el nombre del modelo específico que se usará.

Exploración. La actividad no puede iniciar sin tener claro el contexto de los participantes; en especial, los conocimientos y experiencias previas que se relacionan con el tema abordado en el taller. En esta fase, se usan preguntas para explorar las condiciones del grupo, con la idea de ubicar el nivel y punto de partida para el proceso.

Planteamiento. Esta etapa sirve como plataforma para involucrar a los participantes a través del planteamiento adecuado de una meta para la dinámica. Dependiendo del formato empleado en el taller, el objetivo puede encontrarse en una pregunta, un reto o un problema; cualquiera que sea el caso, el guía debe estructurar la meta de forma atractiva para lograr que los participantes asuman un rol activo en el proceso.

Desarrollo. Una vez que se establece el punto de partida, hay que poner manos a la obra (las manos de los participantes). En el taller, se busca que las personas se desenvuelvan a través de una interacción en tres niveles: físico, intelectual y emocional.

Deliberación y explicación. Aquí se abre un espacio para que las personas involucradas desarrollen conceptos para explicar el fenómeno en cuestión. Comúnmente, los usuarios tienen una

idea general de qué sucede, aunque es difícil aterrizarla en planteamientos específicos; el guía busca formular preguntas adecuadas para que los participantes se aproximen a los conceptos científicos implícitos en la dinámica.

Conclusión. Tras finalizar con las etapas anteriores —y aprovechando los elementos conseguidos en ellas— se busca obtener conclusiones y resolver dudas respecto al fenómeno en cuestión, así como examinar posibles aplicaciones cotidianas del mismo.

Contexto

La facilidad con que los talleres se ajustan a las condiciones de un grupo, así como a diferentes objetivos y temas abordados, permiten que estos se lleven a cabo en espacios muy variados y con características igualmente heterogéneas. Cada contexto ofrece elementos valiosos para desempeñarse de manera exitosa en espacios diversos. Lejos de ser excluyentes, los contextos encuentran importantes posibilidades de complemento entre sí: es común que las acciones en uno detonen esfuerzos en los otros.

Carácter esporádico. Son los talleres más comunes: el divulgador y el grupo no han colaborado en actividades anteriores. Para muchas personas, son los primeros contactos experimentales con la ciencia y tienen el potencial para animarlas a mantenerse involucradas en procesos de divulgación. No cuentan con regularidad, de ahí viene su nombre. Las dinámicas dadas en este contexto se desarrollan a través de visitas a escuelas, festivales científicos, participación de grupos en museos o centros de ciencia, así como en eventos especiales (semanas de ciencia, congresos, etcétera). El

objetivo es crear experiencias sorprendentes, agradables y significativas asociadas a la ciencia para despertar y desarrollar el interés por esta.

Contextos de este tipo resultan importantes, dadas sus propias características, pero también porque pueden funcionar como un importante agente para impulsar procesos en los otros dos; además, sirven para reclutar nuevos divulgadores: es común que los participantes, especialmente los mayores de 14 o 15 años, queden entusiasmados con la ciencia y se interesen por convertirse en agentes de divulgación recreativa.

Apoyo educativo. Estas actividades implican una colaboración con la educación formal; se realizan dentro del marco escolar, con cierta periodicidad y como apoyo de los planes de estudio desarrollados en los diferentes niveles educativos. Sus objetivos son reforzar el conocimiento adquirido en clase, facilitar su asimilación y entender de manera práctica su importancia. Aparece la posibilidad de asimilar la ciencia como algo cotidiano, presente en múltiples fenómenos a nuestro alrededor, y no como algo exclusivo de los libros de texto. Para potenciar la actividad, es muy útil que el juego se lleve a cabo antes de revisar el tema dentro de los cursos regulares. Así, cuando llega el momento de analizar el fenómeno con más formalidad, se tienen elementos para entenderlo y asimilarlo con más facilidad.

Con frecuencia, los talleristas recibimos invitaciones de docentes para llevar a sus escuelas actividades sobre temas específicos; aunque en estas dinámicas realizamos un apoyo educativo, son poco constantes y no garantizan una permanencia del trabajo científico práctico. Para un desarrollo adecuado de este contexto, es necesario involucrar a los docentes como

agentes de talleres recreativos o bien generar grupos de trabajo en la materia dentro de las escuelas.

Clubes de ciencia. Son actividades realizadas de manera periódica y que —sin estar ligadas a los planes de estudio trabajados en la escuela— cuentan con un programa de trabajo. La programación se orienta a una óptima asimilación de los conocimientos transmitidos y al estímulo del desarrollo de capacidades cognoscitivas de los participantes.

Son bastante comunes en algunos países y suelen aparecer al amparo de centros educativos o de entidades públicas. Su finalidad es poner de manifiesto que la ciencia es algo que se practica y no simplemente algo que se aprende. Se pretende ofrecer a los jóvenes otra forma de acercamiento a la ciencia mucho más grata, ya que en ella no hay horarios, temarios ni exámenes (Blanco, 2004).

Constituyen seguimientos periódicos no formales, actividades extraescolares que nos permiten perseguir objetivos muy variados y ambiciosos, como son:

- Ofrecer un espacio permanente que facilite y respalde la realización de actividades científicas para el público no especializado;
- Crear gusto e interés por la ciencia;
- Reforzar el conocimiento adquirido en la escuela, mejorar su entendimiento y enriquecerlo con experiencias prácticas;
- Estimular la participación en la creación y desarrollo de actividades propias;

- Promover la incorporación de los jóvenes interesados a las actividades de divulgación de la ciencia;
- Orientar a los jóvenes hacia las carreras científicas con temas de su interés, y
- Facilitar la interacción con científicos locales y nacionales.

Uno de los marcos más comunes para los clubes de ciencia son los espacios académicos que cuentan con actividades de divulgación científica, tales como museos, centros interactivos, centros culturales, etcétera; también se pueden implementar dentro de la escuela, por las tardes o en fines de semana.

Los modelos de actividades

Jugar a hacer ciencia no es un juego de niños; los talleres recreativos —como aproximación lúdica a la ciencia— requieren de compromiso para su realización efectiva. Además de tomar en cuenta los aspectos metodológicos, el guía debe preparar sus actividades de manera adecuada (García, 2008). Los talleres no pueden ni deben ejecutarse de manera improvisada; necesitan de respaldo y preparación, de una estructura adecuada para alcanzar el éxito en los objetivos planteados para cada actividad: requieren de un modelo.

Para una persona dedicada a la divulgación científica mediante talleres, el primer paso es preparar los modelos con que realizará las actividades; se trata de la esencia de la dinámica a la que se le da forma a través del taller.

Elementos

Los modelos que dan vida a los talleres de ciencia recreativa se originan en procesos lúdico–experimentales que, para un

buen diseño y una exitosa ejecución, deben de contar con los siguientes elementos:

Objetivos. Ya sea en cuanto a propiciar aprendizajes o en lo referente al desarrollo de actitudes y aptitudes favorables a la ciencia, todo modelo debe tener bien definidas las metas que persigue.

Estructura. Las características únicas de cada actividad requieren una aproximación específica para optimizar el proceso: no se puede tratar igual un taller en que los participantes construyen un aparato que otro en el que enfrentan un reto o uno que es totalmente demostrativo; cada modelo debe tener una estructura propia.

Interacción completa. Se buscará que los participantes hagan suya la actividad en todos los aspectos, propiciando una interacción completa: intelectual, emocional y física.

Material. Cada modelo necesita materiales para poder ser llevado a la práctica. El reto fundamental es diseñar nuestros modelos de modo que puedan desarrollarse con materiales comunes, baratos e inclusive de reciclaje.

Abordaje

Para los talleristas, la necesidad de un modelo es inevitable, es imposible desarrollar una actividad sin contar con él. Puede darse el caso en que no se haya desarrollado de manera específica o que no se haya estructurado por completo pero, aunque sea solo empíricamente, la existencia del taller implica el uso de un

modelo. Como parte del proceso para preparar las actividades, existen tres fuentes para el desarrollo de modelos de trabajo: réplica, ajuste y diseño.

Réplica. Es la forma más sencilla, consiste en repetir una dinámica de forma casi idéntica a como se observó en otro proceso de divulgación o en alguna otra fuente documental. Es común encontrar —en museos, talleres o conferencias— experimentos o procedimientos que fascinan tanto a los talleristas que se deciden a aprovecharlos para futuras dinámicas. Para hacerlo de forma efectiva, solo es necesario apropiarse el proceso en cuestión, identificar la estructura, conseguir los materiales, dominar la técnica experimental y conocer los conceptos científicos importantes para el modelo.

Ajuste. Hay otros casos en que una actividad interesante no es capaz de satisfacer —en su estado inicial— los objetivos específicos que buscamos alcanzar; ante esta situación, el tallerista debe ajustar los aspectos necesarios para que el modelo pueda desempeñarse exitosamente; “este ajuste implica tanto apropiación de la estructura como dominio de los contenidos de la actividad, con el agregado del aporte creativo capaz de optimizar su desarrollo” (García, 2008).

Diseño. Así como las actividades científicas y tecnológicas siempre buscan producir nuevas teorías, formas de entender y explicar los fenómenos naturales, la divulgación también necesita enriquecerse a través de la constante incorporación de nuevos modelos; de esta forma, la oferta de las actividades aumenta y mejora, al tiempo que se potencia su coherencia con la realidad de los participantes.

La innovación cobra especial importancia cuando la divulgación se lleva a cabo en el marco de un seguimiento periódico, como sucede en los clubes de ciencia. “Cuando los participantes se mantienen en el programa durante largos periodos, nos ‘obligan’ a generar nuevas actividades para evitar aburrirlos y conseguir mantenerlos con una perspectiva agradable de la ciencia” (García, 2008).

Ciclo

Los modelos de talleres son estructuras dinámicas en constante evolución, producto de la interacción de varios elementos, tal como la ciencia. Al interactuar con el modelo en su conceptualización, preparación y ejecución se adquieren elementos para mejorarlo de manera sustancial; aun así, muchas de las mejores ideas surgen sobre la marcha, al realizar la actividad con colegas y, sobre todo, con niños y jóvenes. Frecuentemente, los modelos se ven moldeados más por los participantes que por los mismos divulgadores, logrando mejorar conforme son desarrollados con un mayor número de personas.

Aunque el proceso de mejora se desarrolla de forma natural, no puede dejarse a la casualidad; los talleristas debemos conducirlo a través de varias etapas dentro de un ciclo dedicado a su avance continuo. Con cada ejecución, se adquieren elementos para mejorar de forma gradual, o se hace evidente que el modelo no funciona tal como fue diseñado, lo que induce a replanteamientos de fondo.

Conceptualización y diseño. El inicio del ciclo requiere establecer los dos fundamentos de la actividad: conceptualización —determinar qué se quiere decir o lograr con el modelo— y

estructura —tener claro cómo se va a llevar a cabo la dinámica—. Para llegar a un modelo óptimo, habrá que hacer varias pruebas materiales de la actividad, detectando posibles obstáculos, situaciones de riesgo y alternativas de trabajo.

Investigación. Consiste en la explicación del modelo, su lado científico; es con lo que se le da sustento. Aunque muchas veces se tiene una idea clara de los conceptos que se abordarán desde la primera etapa, vale la pena tomarse tiempo para revisar diferentes enfoques capaces de desempeñarse con éxito en contextos distintos. “Como parte de este proceso es común encontrar documentos —tanto en internet como en publicaciones impresas— relacionados con experiencias en modelos iguales o parecidos, elementos que servirán de útil referencia para enriquecer las actividades” (García, 2008).

Impartición y retroalimentación. La hora de la verdad. Muchas veces, un modelo parece muy prometedor en el papel, y al ser ejecutado con grupos se obtiene una respuesta muy pobre, o viceversa. De entrada, esto nos permite descartar ciertas dinámicas y enriquecer, replantear o potenciar otras, según sea el caso. Lo que sí es una constante, es el hecho de que la interacción con los participantes nos ayuda a mejorar sustancialmente los modelos: muchos de los grandes aprendizajes para los divulgadores no vienen de expertos teóricos o de experimentados colegas, surgen de las ideas de los participantes.

Tal como la comunidad científica depura el trabajo de un investigador —mediante la contrastación de ideas en publicaciones—, los participantes mejoran los modelos de juegos en los talleres.

Se hace posible ir más allá de la construcción colectiva del conocimiento en un taller para llegar a la creación colectiva del modelo del juego (García, 2008).

Evaluación. Es necesario evaluar el desempeño de un modelo tras ciertos periodos de ejecución de “prueba”. Existen varias perspectivas para determinar el éxito de la dinámica: la discusión de las experiencias de los guías, las sugerencias de los participantes, el análisis por parte de divulgadores externos y la implementación de cuestionarios y encuestas. A partir de los resultados de esta evaluación, se realizan ajustes en la estructura del modelo y se reinicia el ciclo para seguir iterando de manera indefinida. De la misma forma que la ciencia no puede considerarse como una empresa concluida, los modelos de trabajo para los talleres nunca están completamente terminados; seguirán mejorando mientras sigan llevándose a cabo.

Sistematización

Llamamos sistematización de un modelo al documento de referencia con la información suficiente para que un divulgador ajeno a la actividad pueda llevarla a cabo; implica una descripción detallada de los artefactos experimentales utilizados, los pasos realizados con el grupo para construir la estructura del modelo y las mejoras resultantes de la experiencia de trabajo con los grupos. Las sistematizaciones son de gran utilidad para adentrar a otros divulgadores en el modelo que les damos a conocer, son una modalidad material de apoyo al desarrollo de actividades a través de un documento que captura la experiencia de un tallerista en el desarrollo de un modelo específico. Esto facilita el intercambio de actividades entre grupos y la

ejecución de las dinámicas por parte de nuevos guías o profesores interesados en llevar los talleres a sus aulas.

Análisis crítico

Hasta ahora, todos los elementos que hemos usado para abordar a los talleres surgen de nociones teóricas o de experiencias con una perspectiva muy general y ofrecen un marco ideal que guía la labor de los divulgadores involucrados en este medio; podríamos decir que es la visión color de rosa, aunque no necesariamente coinciden con el flujo de las actividades que realmente se llevan a cabo. Para completar el estudio de los talleres es importante considerar sus problemas y limitaciones reales y equilibrar la postura ideal que surge de la teoría, identificando los retos que se deben resolver para consolidar los talleres como agentes de desarrollo hacia una cultura científica.

Inercia educativa. Los talleristas, como la mayoría de las personas, somos producto de un sistema educativo formal influido de forma considerable por lo que Freire llamó “la educación bancaria”. Normalmente, las clases se centran en las exposiciones del profesor, quien deposita los conocimientos mientras que los estudiantes nos limitamos a recibirlos, memorizarlos y repetirlos. Al pensar en facilitar el acceso a la ciencia, los talleristas manejamos muchas ideas innovadoras, pero con frecuencia replicamos la forma de trabajo de nuestros maestros: llegamos a abusar del discurso y saturamos a nuestros usuarios con información.

Aunque en muchos casos se conocen los instrumentos pedagógicos adecuados para mejorar las dinámicas, pocas veces somos capaces de convertirlos en acciones prácticas

en nuestros procesos; y no se trata de falta de convicción respecto de los modelos de trabajo didáctico, lo que falta es dominarlos de forma práctica. En este caso, necesitamos desprendernos de las tendencias de nuestra formación educativa para generar una inercia propia. Para alcanzar este propósito no basta conocer nuevas perspectivas pedagógicas o estar convencidos de su validez; su adopción efectiva en nuestras dinámicas requiere de un ejercicio constante: solo al realizar con frecuencia las acciones contempladas en las teorías pedagógicas, conseguiremos dominar estos procesos para incorporarlos a una estrategia didáctica permanente, realizada de forma natural. Para esto no hay otra alternativa que practicar, practicar y practicar.

Protagonismo. Otro elemento heredado de los procesos de comunicación y educación tradicionales es la tendencia que muchos talleristas tenemos a centrar la actividad en nosotros mismos; nos emocionamos con la idea de ser los “Prometeos” que llevamos el “fuego” de la ciencia a las personas, los sabios ilustradores que despejamos sus dudas a la vez que mostramos un mundo fascinante a través de juegos y experimentos. La emoción es tan grande que rompemos la primera regla del taller al convertirlo en una actividad que gira alrededor de nosotros en una comunicación tipo “déficit” que convierte a los participantes en simples receptores. También hay casos en que el experimento nos entusiasma tanto que acaparamos su uso, aun cuando es perfectamente posible que los usuarios se involucren; con ello se cierra la posibilidad de una actividad física para las demás personas, que ya no se divierten haciendo ciencia, sino que solo observan a otra persona divirtiéndose.

Para evitar tales desviaciones, el tallerista no debe olvidar que su rol radica en dar al grupo la iniciativa en la dinámica, establecer las condiciones para convertir a los participantes en protagonistas del proceso, así como fomentar la acción en todas las personas involucradas, para que cada quien construya experiencias, habilidades y conocimientos científicos.

Balance diversión–contenido. Desde nuestra perspectiva, la principal obligación de los divulgadores es divertirnos en los procesos que llevamos a cabo: solo si la pasamos bien podemos aspirar a que los participantes encuentren deleite en las actividades que realizamos; sin embargo, muchas veces caemos en extremos al realizar talleres muy divertidos pero carentes de contenidos científicos; con ello, emocionamos a los participantes con una imagen hueca de la ciencia, al tiempo que el experimento, al despojarse de su sentido científico, se transforma en un simple aparato mágico o un juego vacío de su carácter cognitivo. Si no involucramos a la ciencia en el proceso, entonces, ¿qué comunicamos?

Es importante que, por mínimos que sean los conceptos abordados, intentemos siempre recrear los elementos científicos de las actividades. En función de las condiciones de cada grupo podremos ajustar la profundidad con que abordamos cada tema; para esto, los talleristas debemos —antes que nada— asegurarnos de dominar los temas inherentes a nuestros modelos. Muchas veces, el motivo para dejar fuera los elementos científicos no es que no queramos darlos a conocer sino que no los conocemos a fondo y nos sentimos inseguros. Solo al dominar los conceptos es posible aventurarnos a recrearlos de forma pertinente con el público.

Ahora bien, es necesario tener cuidado con el otro extremo: sacrificar los elementos lúdicos de los talleres con la idea de maximizar la información abordada. Con esto, aunque se ofrecen oportunidades para construir conceptos científicos, se eliminan los estímulos para entusiasmar a las personas respecto de la ciencia y, por lo tanto, se complica su participación.

Falta de preparación. Un porcentaje muy alto de los divulgadores en talleres son estudiantes que, por lo general, no buscan dedicarse a esto de forma profesional, sino que lo toman como un pasatiempo, un espacio divertido que les permite dar a conocer la ciencia y, en algunos casos, cumplir con el compromiso de realizar su servicio social. El carácter transitorio de su esfuerzo muchas veces conduce a un reducido interés por prepararse a fondo para realizar los talleres. El aspecto más descuidado en su formación es el pedagógico, muchos jóvenes prefieren desarrollar sus dinámicas de forma empírica en vez de entender el fondo del proceso. Se trabaja a un nivel tácito sin haberse apropiado de los conocimientos codificados que dan sustento a las acciones realizadas y, por tanto, en muchos casos se intenta desarrollar estrategias sin saber el sentido didáctico que se les debe imprimir. Aparecen otros casos en que, por la falta de respaldo teórico, no se tiene idea de cómo reaccionar en situaciones problemáticas.

Como parte del compromiso requerido por nuestra labor, los talleristas debemos hacer conciencia de la necesidad de prepararnos de forma teórica y conceptual. En una primera instancia, la formación puede ser provista —desde una perspectiva no formal— por el mismo equipo de divulgación del que se forma parte. Quienes deseen profundizar en el trabajo

no pueden conformarse con este enfoque, precisan adquirir una formación profesional en la materia; prepararse a través de programas de licenciatura, diplomados o posgrados. Asimismo, aun quienes han concluido una educación formal necesitan seguir preparándose, accediendo a congresos y publicaciones especializadas en su campo.

Alcances limitados. Un taller bien realizado puede generar impactos muy altos en las personas involucradas. La interacción directa, la retroalimentación constante y los ajustes oportunos permiten incidir de forma significativa en los participantes; al involucrarlos en el proceso de construcción de conocimientos, realizamos aportes sustanciales a la cultura científica de los individuos involucrados. El problema radica en el número limitado de personas que pueden acceder a los talleres de ciencia recreativa: es preciso realizar muchas actividades para lograr impactar a un gran número de personas.

Por otra parte, la cantidad de talleristas activos es muy reducida para aspirar a desarrollar una cultura científica generalizada; además, los pocos recursos humanos involucrados en este esfuerzo se encuentran muy centralizados, y resulta muy reducido el número de ciudades en México que cuentan con grupos de trabajo en la materia, mientras que los grupos existentes con frecuencia no se dan abasto para satisfacer las necesidades locales. Hasta ahora, los talleristas no hemos conseguido detonar un círculo virtuoso capaz de reclutar suficientes personas, o de estimular la formación de nuevos grupos para ampliar de forma considerable la cobertura sin sacrificar el impacto de las actividades. Hacen falta acciones para atraer y capacitar nuevos divulgadores para este medio.

Para resolver el problema del alcance, los talleristas necesitamos echar a andar una reacción en cadena que permita multiplicar nuestro esfuerzo: podemos aprovechar dos redes institucionales con gran cobertura, las bibliotecas públicas y las escuelas de nivel medio superior y superior. Estos centros nos ofrecen una masa crítica que podría permitirnos ampliar considerablemente la cobertura y, además, inciden directamente en muchos jóvenes, posibles nuevos talleristas. Para aprovecharlos, necesitamos estrategias que conviertan a docentes y bibliotecarios en agentes de los talleres, convencerlos de la utilidad e importancia de estas dinámicas; además, hay que capacitarlos a través de una triple formación: en primer lugar se les debe preparar para llevar a cabo talleres, luego, para dominar los contenidos de las actividades y, por último, para preparar a otras personas que se incorporen a este esfuerzo. De esta forma, se puede construir una estructura capaz de replicar a gran escala el esfuerzo de divulgación a través de talleres.

Falta de sistematización. Por muchos años, ha sido bastante común que los esfuerzos de los grupos de talleres empiecen desde cero. No se aprovechan experiencias y avances —teóricos, pedagógicos o metodológicos— alcanzados por otros grupos. El motivo de esto reside en la raquítica producción de documentos por parte de los talleristas; muchas experiencias o ideas de gran valor se han perdido porque nunca fueron escritas.

Resulta irónico que, para una actividad dedicada a la construcción social de conocimientos, los divulgadores en talleres no hayamos conseguido hacer lo mismo con los conceptos que emergen de nuestra labor: la comunicación es trunca aun al interior de la comunidad de talleristas. La socialización del

trabajo en este medio de divulgación sigue siendo muy poco formal; por lo general, se lleva a cabo de manera oral entre individuos o grupos, son muy escasos los procesos en los que se utiliza un texto para mediar la interacción o en los que se construyen memorias de la información compartida.

Es frecuente encontrarse con grupos que realizan grandes trabajos dedicados a reinventar la rueda, y esto porque no se aprovechan los avances previos para iniciar su tarea con más nociones; con esto se merma la posibilidad de llevar las acciones a otro nivel, como desarrollar y probar nuevas metodologías, crear o mejorar modelos de actividades, aprovechar los modelos desarrollados por otros divulgadores, etcétera.

Sin una sistematización del trabajo previo, va a ser muy complicado formar adecuadamente a los nuevos talleristas científicos. Urge ponernos a escribir sobre los aspectos relacionados con los talleres: sistematizar los modelos de actividades que usamos; establecer y documentar una ideología de trabajo propia; documentar los proyectos que se llevan a cabo, las experiencias derivadas de ellos y, sobre todo, los errores cometidos.

Evaluación. Muchos talleristas nos quejamos de la doble discriminación de que nos sentimos víctimas: por parte del *establishment* científico hacia la divulgación y por parte de otros divulgadores hacia los talleres; sin embargo, el reconocimiento no es algo que se regala, se tiene que ganar. Para ello nos ha hecho falta, además de documentar nuestros esfuerzos, evaluar las actividades que llevamos a cabo; solo así es posible establecer resultados específicos de las acciones realizadas y evitar que los talleres de ciencia recreativa se presten a la simulación.

Para muchos grupos involucrados en estas dinámicas, la evaluación es una gran tarea pendiente que es preciso completar cuanto antes. Sin ella no se puede hablar de resultados específicos ni se pueden detectar los principales aspectos que se deben corregir para aumentar la efectividad de las dinámicas. Pocos talleristas se toman el tiempo para organizar la evaluación de las acciones que llevan a cabo; sin embargo, nadie quiere que personas ajenas a los talleres vengan a decirnos cómo determinar lo bien o mal que hacemos las cosas. Es hora de que grupos y organizaciones de talleristas tomemos la batuta: hay que establecer mecánicas generales para evaluar los talleres y todo lo que está implicado en ellos, aspectos como su diseño, preparación, ejecución o depuración; de otro modo, nos veremos reducidos a una de dos opciones: resignarnos a medirnos con herramientas impuestas desde el exterior o a nunca ser tomados en cuenta seriamente.

Referencias

- ARELLANO, A.: *La producción social de objetos técnicos agrícolas*, Toluca, UAEM, 1999.
- AUSUBEL, D., J. Novak y H. Hanesian: *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, México, Trillas, 1983.
- BLANCO, Á.: “Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia” en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 2004, pp. 70–86.
- CLUTE, J.: *Science fiction: the illustrated Encyclopedia*, London, DK Adult, 1995.
- ERTNER, P. y T. Newby: “Conductismo, Cognotivismo y Constructivismo: una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción” en *Performance Improvement Quarterly*, 1993.

- FREIRE, P.: *Pedagogía del oprimido*, Buenos Aires, Siglo XXI, 1972.
- GARCÍA, H. y L. Meza: “Los talleres de ciencia en el Museo Universum: Análisis de su impacto en el usuario”, X Reunión de la Red de Popularización de la Ciencia y la Técnica en América Latina y el Caribe, San José, Red Pop, 2007.
- GARCÍA, M.: *Ciencia en todos los rincones. Manual de divulgación en talleres*, Zacatecas, Universidad Autónoma de Zacatecas, 2008.
- HIDALGO, R.: *Exploración de las contribuciones de las actividades extraescolares en la educación científica y tecnológica*, Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2003.
- JASSO, H.: “Del Taller Infantil de Física Espacial (TIFE) y los retos de los talleristas de ciencia”, 2008. <http://www.pacheco.org.mx/twiki/bin/view/Ciencia/TallerInfantilDeFisicaEspacialTIFE>
- KNOR-Cetina, K.: “Laboratory studies. The Cultural approach to the study of science” en S. Jasanoff: *Handbook of science and technology studies*, Los Angeles, Sage Publications, 1994.
- MARTÍNEZ, H.: *La ciencia recreativa. Con la ciencia sí se juega*, 2006, recuperado el 22 de febrero de 2009 en <http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/lentiscal/ficheros/pdf/Ciencia%20recreativa12p.pdf>
- MAYA, A: *El taller pedagógico*, Bogotá, Cooperativa Editorial Magisterio, 1996.
- MELLADO, V. y D. Carracedo: “Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias” en *Enseñanza de las Ciencias*, 1993.
- MORENO, L. y G. Waldegg: “La epistemología constructivista y la didáctica de las ciencias: ¿coincidencia o complementariedad?” en *Enseñanza de las Ciencias*, 1998.
- NADEAU, R. y J. Desautels: *Epistemology and the teaching of science*, Ottawa, Science Council of Canada, 1984.

- PIAGET, J.: *Mecanismos del Desarrollo Mental del Individuo*, Madrid, Editorial Nacional, 1979.
- _____: *Seis Estudios de Psicología*, Barcelona, Ariel, 1981.
- POZO, J. y M. Gómez: *Aprender y enseñar ciencia*, Madrid, Morata, 1998.
- SHAPIN, S.: “Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle” en M. Callon y B. Latour: *La science telle qu’elle se fait*, París, La découverte, 1991.
- SOKAL, A. y J. Bricmont: *Intellectual impostures*, Londres, Profile Books, 1998.
- VIGOTSKY, L.: *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, México, Crítica, 1988.

CIENCIA EN CONTEXTO

Bertha Michel Sandoval
tita@grupoquark.com

Directora del Museo de Ciencias de la
Universidad Autónoma de Zacatecas

Muy a menudo oímos decir que la ciencia y los procesos científicos que nos enseñan en la escuela son aburridos, reservados solo a aquellas mentes que tienen tiempo, mucho tiempo, para ello,⁹ y —lo más trágico, quizá— que no tienen nada que ver con nuestra vida cotidiana. Probablemente, esta última parte sea cierta, sobre todo porque en la escuela los hallamos en textos rellenos de fórmulas que parecen haber emergido a la realidad de una manera casi mágica, o de nombres extraños que nunca habíamos encontrado en otro lugar, porque, fuera de ahí, ¿quién había oído hablar de Newton, Joule, o Watt? Sabemos, sin duda, que fueron CIENTÍFICOS, así, con mayúsculas, pero nada más... Y si fueron científicos, de seguro eran viejitos, con el pelo alborotado y sacaban la lengua cada vez que alguien les tomaba una fotografía, o posaban para una pintura, dependiendo de la época que, además, casi nunca sabemos cuál es.

En los planes de estudio de las disciplinas científicas, poco o nada se habla de historia. “Pareciera que la práctica curricular

9. Porque, por ejemplo, no tienen ni novia(o) ni amigos, ni perro que les ladre. Son ñoños, pues.

para el estudio de las ciencias, tecnologías y profesiones modernas y contemporáneas no necesitara de la explicación en la historia por desenvolverse en el terreno de la verdad y el éxito incuestionable de un ascendente y novedoso progreso hacia lo mejor” (Tarazona, 2007).

Pero el hecho es que estos científicos vivieron —y viven— en el mismo mundo que nosotros, nacieron igual que cualquier ser humano y, como todos, se enfrentaron a vicisitudes y disfrutaron los placeres de la vida. Son, en fin, hombres y mujeres insertados a lo largo del torrente de la historia. Algunos tienen vidas dignas de una novela, otros no tanto, pero todos, absolutamente todos fueron parte de la sociedad en que vivieron y se vieron afectados por los mismos hechos que moldearon la misma.

A simple vista, pareciera que ninguno de ellos jugó un papel destacado en el acontecer mundial, pues si bien apenas se hace alguna referencia a ellos en las clases de física, química o biología, su ausencia en los libros de historia es por lo general absoluta. Ahí se habla de reyes, de épicas batallas, de movimientos sociales (con decapitaciones incluidas), etcétera, pero no se habla de ciencia, como si el desarrollo científico fuese totalmente independiente de todo lo demás. En cualquier clase de historia se pueden encontrar menciones a la Revolución Industrial y cómo cambió el mundo, pero si bien por ahí se puede leer la frase “máquina de vapor” —y si es un libro realmente bueno se encontrará a la *Spinning Jenny*—, de los inventores de estos aparatos que hicieron posible la Revolución Industrial no se oyen más de dos o tres palabras.

Así que, por lo menos en la escuela, partimos de un punto totalmente absurdo: el hecho de que la ciencia no tiene lugar en la historia, y que la historia no cuenta para nada en la ciencia; sin embargo, si queremos entender cómo funciona el universo,

tenemos que tener un panorama más amplio. Y si queremos realmente visualizar los procesos del desarrollo del conocimiento científico es necesario contextualizarlos.

¿Para qué?

Contextualizamos el hecho científico, en primer lugar, para construir una identidad. ¿No es ese el propósito de la historia? Saber quiénes fuimos es fundamental para saber quiénes somos y cómo llegamos a ser como somos, a pensar como pensamos y a vivir como vivimos. Pocas cosas hay tan universales como el conocimiento científico, y analizarlo desde una perspectiva histórica nos ayudará a situarlo en su justo lugar, a entender el cómo y el porqué de su desarrollo.

Además, contextualizamos el hecho científico para terminar con los mitos. Ni todos los científicos son viejitos con cara de bonachones, aislados en su laboratorio, con fama de maniacos excéntricos¹⁰ y cero vida social, ni son tampoco gemelos del terrible y —ahora sí— mítico Dr. Frankenstein, obsesionados con develar los oscuros misterios del mundo, sin importar límites y barreras. Ni ángeles ni demonios. Solo hombres y mujeres, con la inclinación y la dedicación adecuadas en un momento específico que potenció sus retos y metas. Seguramente, muchos de ellos se enamoraron, y otros tantos le pusieron el cuerno al cónyuge. Pueden apostar a que existieron algunos terriblemente avaros y otros maravillosamente generosos, que hubo quienes abandonaron a sus hijos y aquellos que fueron abandonados.

10. El único que responde más o menos a esa descripción es Albert Einstein, la típica imagen del científico. Pero, en cuanto a su vida social... ¡uff!... si les contara...

En lo general, a los seres humanos nos gustan los extremos: el héroe siempre tiene que ser bueno, muy bueno, casi santo. Y el malo tiene que ser muy malo y, si es posible, hasta con cuernos. Así nace el mito del científico loco que fuera popularizado por las películas de mediados del siglo xx.¹¹ Ahí, y bajo la sombra de Hiroshima y Nagasaki —único referente popular del progreso científico de la época—, “todos los descubrimientos eran abominables, todas las exploraciones descubrían monstruos y todas las especulaciones demostraban que el especulador estaba loco” (Clute, 1996). El arquetipo de manufactura hollywoodense se apropió del mundo; así, además de ñoño y desadaptado, el científico era un ser presa de una locura peligrosa que amenazaba todo lo que tenía a su alrededor. Esta imagen devaluada y despectiva de la ciencia no hace más que crear un rechazo que, finalmente, deriva en el abandono de una orientación vocacional hacia las carreras científicas y, además, en la pérdida de posibilidades de desarrollo y crecimiento, tan imprescindibles en países como el nuestro (Vázquez y Manassero, 1995).

Claro que si a alguien le pica la curiosidad y busca en un libro más o menos “serio” de historia de la ciencia y de los científicos (especialmente si se encuentra con uno de hace 20 años o más), lo más probable es que se tropiece con un escenario muy distinto; en una vuelta de 180 grados, podemos encontrar quien nos hable de verdaderos iluminados, marcados por el destino para descorrer el velo de los misterios del mundo. Tan perverso como el mito del científico loco, se alza también el de los “Grandes Hombres”:

11. El cine y la televisión son, en más de un sentido, una vía altamente eficaz —eficaz, que no necesariamente buena— en el modelado de la imagen de un científico típico.

En la historia de la ciencia, el mito de los “grandes hombres” ha ido mucho más lejos que en la historia política y social: muchas historias de la ciencia no son de hecho sino relatos acerca de los grandes descubridores que se han ido sucediendo en una más o menos apostólica revelación de los secretos de la naturaleza. Naturalmente, la existencia de grandes hombres ha tenido efectos decisivos en el progreso de la ciencia, pero sus realizaciones no pueden estudiarse aisladamente de su contorno social. En ese error se incide tan a menudo que con frecuencia se cree necesario recurrir, para explicar sus descubrimientos, a palabras como “inspiración” o “genio”. De este modo, los grandes hombres ven reducida su talla por los que son demasiado limitados o demasiado holgazanes para comprenderlos (Bernal, 1982).

La figura única se presta siempre a exageraciones. Solo cuando sumergimos a los personajes en su tiempo y comprendemos cómo todos y cada uno fueron sometidos a las influencias y presiones sociales de su época podemos encontrar el equilibrio que los hace humanos, y por lo tanto, nos los acerca. Finalmente, contextualizamos el hecho científico para trascender la anécdota. Todos somos contadores de historias, las contamos todos los días y casi sin darnos cuenta. Las historias, los cuentos que relatan un hecho interesante, entretenido o curioso, son herramientas extraordinariamente poderosas para llamar la atención; sin embargo, y cuando aquí nos referimos a la anécdota, su propósito no es simplemente ese, sino que, en un esfuerzo de definición, trata de evocar un panorama general, una característica que defina a un personaje o una situación y, a veces, hasta concluye con una especie de moraleja. En ese sentido, la anécdota es pariente de la

parábola y la fábula. “La manera de significar que tiene este tipo de manifestaciones permite que se produzcan relaciones de cercanía, de pertenencia y de creación, que son fundamentales para que una comunidad se establezca y se desarrolle” (Boito, 2000); sin embargo, a menudo nos encontramos con que la anécdota carece —desgraciadamente— de intención y termina más ligada al humorismo que al conocimiento. ¿Qué es más importante, el hecho de que Arquímedes haya aprendido a medir el volumen de un objeto irregular, o que saliera desnudo a la calle gritando: “lo encontré, lo encontré”? La respuesta es obvia, pero si preguntan por ahí, se darán cuenta de que la idea del tipo encuerado en público es mucho más atractiva y pegajosa que la de saber si una corona es o no de oro, porque, a final de cuentas, uno rara vez llega a ver una corona, y... ¿qué decía del volumen?... ¿Había música o qué...? Así pues, el contenido científico se diluye, y la anécdota pierde su propósito. Además, la anécdota ni siquiera se debe al contenido histórico plenamente aceptado, ni es necesario que tenga como centro el momento épico y grandioso del descubrimiento. Se aprovecha simplemente del atractivo del relato.¹²

12. He aquí un ejemplo: Todo el mundo sabe que cuando se nos cae al suelo un pan untado con mantequilla, seguramente caerá con la mantequilla de cara al suelo, con el desastre consecuente en el piso de la cocina. Cuentan por ahí las leyendas urbanas que Louis Pasteur se vio a sí mismo testigo de algo extrañísimo, al darse cuenta de que cuando a sus hijos se les caía un pan, siempre podía ver mantequilla en la cara que quedaba hacia arriba. Intrigado por tal suceso, se dio a la tarea de investigar el evento que parecía contradecir todas las leyes conocidas. Y así fue como Pasteur descubrió que sus hijos acostumbraban poner mantequilla en ambos lados del pan. ¿Fue este un descubrimiento que cambiaría al mundo? No. Probablemente ni siquiera haya sucedido; sin embargo es un excelente ejemplo de cómo funciona la mente de un científico. Porque, seamos honestos, todos nos hacemos preguntas, pero es aquel que busca las respuestas el que puede considerarse un paso más cerca de la investigación científica.

Entonces, además de llamar la atención, ¿cómo podemos encontrar la intención en la anécdota? Profundizando en el personaje y agregando una clarificación de significado de lo que hace. Esto solo se puede lograr cuando se contextualiza al protagonista y se le hace parte del devenir. Y ya que hablamos de relatos, valdría la pena hacer aquí un apartado para saber qué elementos hacen que un discurso tenga una cualidad narrativa que pueda convertirse en una experiencia placentera y, en algunos casos, hasta trascendente, y cómo es que lo consiguen. A manera de resumen, Daniel Prieto (1994) nos ofrece ciertos elementos necesarios:

- La apelación a seres y a situaciones humanas;
- La estructuración del discurso a la manera de un relato: significa que un relato se produce en un espacio y tiempo determinados con personajes y situaciones específicas;
- La interlocución: el espacio privilegiado de la narración es el de la conversación, de la relación cotidiana; la práctica narrativa es una construcción entre dos o más hablantes, allí es donde se produce el enriquecimiento de la narración, y
- La belleza expresiva: es el conjunto bien construido, armado de manera coherente y con un componente estético de los elementos descritos anteriormente.

En el caso específico de los talleristas, la posibilidad de construir una historia alrededor de una actividad puede convertirse en un elemento importante no solo para conservar la atención o el interés del público, sino para situarse en un contexto particular que, de manera casi automática, les permitirá adquirir una

comprensión más profunda de la recreación del proceso que llevó a obtener el conocimiento que se presenta en el taller. A veces ni siquiera es necesario hacer una mención concreta, pero el hecho de conocer los entretelones de lo que hacemos enriquece las actividades y nos proporciona seguridad. Esto solo se puede hacer cuando se contextualiza al protagonista original del relato y se le hace parte del devenir histórico. Volveremos a la historia de Arquímedes y otros científicos más tarde. Antes tenemos que precisar ciertos puntos de partida.

Antes de empezar

Cuando volteamos hacia el panorama de la historia y escarbamos un poco, siempre encontramos el desarrollo científico. Así como la máquina de vapor de James Watt y la tejedora *Spinning Jenny* de Hargreaves hicieron posible la Revolución Industrial, la ley de la gravedad de Newton y el sistema heliocéntrico de Copérnico cambiaron la forma en que vemos el mundo. Ahora, si vamos a hurgar en el devenir histórico, quizá deberíamos añadir ciertas líneas que pueden servir de punto de partida.

En primer lugar, hay que tomar en cuenta que el quehacer científico no es un hecho que se dé aislado; el desarrollo de la ciencia se ve afectado (implicado, impedido, modificado) por los acontecimientos del entorno, que pueden ser de índole personal (por ejemplo, la situación familiar de un personaje), o bien de índole general (como la guerra, las epidemias o la simple necesidad de resolver un problema acuciante). Además, no se puede concebir el concepto científico si no se le sitúa en su propio espacio y época. Cuando uno se entera de que hubo un tiempo en el que la humanidad estaba convencida de que la Tierra era el centro del universo, a lo mejor pensamos:

“¡pero qué tontos!”... Lo cierto es que la evidencia con la que se contaba entonces —sin telescopios, ni instrumentos matemáticos— parecía no dejar duda. Piensen, por ejemplo en un estudioso de ese entonces que, sentado en la banca del jardín, observa cómo el Sol sale por el este, recorre el cielo y desaparece por el oeste; lo mismo sucede con la Luna y las estrellas y este señor no se ha movido de su banca. Evidentemente,¹³ los que se mueven son el Sol, la Luna y las estrellas, y si trazan arcos en el cielo, se mueven alrededor de la Tierra.¹⁴

Esta situación nos lleva a hablar de algunos de los teóricos de la historiografía y la filosofía de la ciencia. Por llevar un orden meramente temporal, hablaremos primero de Karl Popper, quien en su libro, *La lógica de la investigación científica*, nos llama la atención sobre el hecho de que a veces demostrar que una teoría es incorrecta es más importante para el progreso científico que demostrar que es correcta. Esta es una corriente que se conoce como falsacionismo y, en el caso de Popper, se convierte en una posición más o menos

13. Esta palabra, nos dijo una vez en una conferencia el Dr. Ruy Pérez Tamayo, es una de las más peligrosas en la búsqueda del conocimiento: “evidente” es aquello que no requiere mayor demostración, y la investigación científica exige siempre pruebas. Así que lo que en un momento dado es evidente, puede que no sea cierto.

14. La verdad es que la cosa no era tan sencilla: si el científico en cuestión se quedaba el tiempo suficiente en su banca, se daría cuenta de que algunas estrellas —Marte, por ejemplo— iban muy tranquilas por su camino en el arco celestial cuando de repente, ¡zaz!, se regresaban o daban unas vueltas medio raras. Esto obligó a Ptolomeo a idear ciertos ajustes al modelo geocéntrico aceptado agregando unas cosas que se llaman epiciclos y que básicamente son círculos dentro de círculos dentro del círculo principal de una órbita. Para el siglo xv, el modelo geocéntrico estaba tan lleno de circulitos que provocaba dolor de cabeza.

radical. Otro filósofo de la ciencia, Imre Lakatos,¹⁵ entiende el falsacionismo como el enfrentamiento de dos teorías: el éxito de una depende de su capacidad de refutar la otra. Aunque Popper y Lakatos usan el falsacionismo de un modo general, es también importante en el sentido individual, ya que el proceso de investigación exige probar tanto que uno está en lo correcto, como descartar aquello que no funciona en una situación particular. Uno pensaría que el acontecer cotidiano de los científicos es como una sucesión de conquistas, pero por cada acierto seguramente se enfrentaron a muchos fracasos; su mérito está en la capacidad para descartar aquello que interfiere con el conocimiento para llegar a construir modelos coherentes con la realidad. Las experiencias de su vida diaria difícilmente son diferentes de las de nosotros. La investigación científica, como cualquier otra tarea que se les ocurra, debe su éxito a un trabajo arduo y disciplinado; como los artistas, el científico debe sus trofeos a un 10 % de inspiración y un 90 % de transpiración.

Continuaremos con uno de los más conocidos analistas del devenir histórico, que logró poner de moda una palabra que hoy en día no falta en ningún evento académico de sociología: paradigma. Thomas Kuhn (1922-1996) cuenta entre sus méritos el de ser de los primeros en introducir de manera directa y en protagónico las consideraciones histórico-sociales en la historiografía de la ciencia.

15. Una de las características que tienen las obras de Lakatos es que, a menudo, usa sus escritos para contrastar sus opiniones con las que ya han emitido sus colegas filósofos de la ciencia; este hecho hace que leer a Lakatos se convierta en una especie de resumen de la filosofía de la ciencia, especialmente de aquella producida en el siglo XX.

Enseñaba cómo funciona realmente la Ciencia, cuándo y en qué circunstancias cabe esperar una revolución, y cómo funciona la ciencia 'normalmente'. Introducía, además, la atención al estudio de la dinámica del proceso mediante el cual se obtiene el conocimiento científico (Mardones, 2001).

En su famosísimo libro, *La estructura de las revoluciones científicas*, Kuhn afirma que el progreso científico no es un proceso continuo; explica que cuando un paradigma (entendido aquí como un modelo, o el conjunto de teorías estructuradas para explicar la naturaleza) deja de funcionar a medida que se adquieren nuevos conocimientos, se produce una revolución que sustituye el antiguo paradigma por uno nuevo, capaz de explicar mejor los fenómenos que nos rodean. El ejemplo más famoso es el cambio de paradigma del sistema geocéntrico al del sistema heliocéntrico.

Finalmente, hablaremos de Paul Feyerabend y su obra más conocida, *Contra el método*. Aquí, el filósofo se niega a reconocer un camino único o una receta infalible para llegar a la obtención del conocimiento científico; en su lugar, nos habla de procesos que llegan incluso a la anarquía, y que en muchos casos son producto de la personalidad de los actores y las influencias sociales a que están sometidos. Afirma, además, que la dinámica científica no puede ser planeada ni controlada desde afuera.

Lo que queremos saber

Para empezar a contextualizar el hecho científico no hay que ser necesariamente un experto en historia, pero hay tres aspectos de los que es imposible prescindir:

- El contexto temporal;
- El contexto espacial, y
- El contexto personal.

El primero se refiere al hecho científico localizado e insertado en la historia general de la humanidad, para realizar luego un ejercicio que busque relacionarlo con su época. En este mismo sentido, se hace necesario saber el dónde, pues no es lo mismo lo que ocurre, en el mismo año, en Roma que en el lejano oriente. Finalmente, hay que destacar que las circunstancias personales de aquellos que producen el conocimiento científico son a menudo detonantes del proceso de la investigación científica.¹⁶

Ya hemos mencionado una de las historias más conocidas de la ciencia, la del baño de Arquímedes. Utilizaremos a este personaje como un ejemplo para señalar los elementos que hemos mencionado más arriba. Todos conocemos el nombre de Arquímedes de Siracusa, pero ¿alguna vez se han preguntado dónde estaba Siracusa, y qué es lo que pasaba ahí cuando Arquímedes tomó su famoso baño? Y, a final de cuentas, ¿quién era ese mentado Arquímedes?

Podemos, claro, empezar por decir que Arquímedes vivió en el siglo III a. C. y que, a pesar de la noción general, Siracusa no se encontraba en Grecia, sino que era una colonia griega establecida en la isla de Sicilia, ese pequeño pedazo de tierra que parece

16. James Dewey Watson había decidido ya entregar sus afares a convertirse en músico profesional, cuando casualmente leyó el libro de Erwin Schrödinger, *¿Qué es la vida?* —el cual, por cierto, no es otra cosa que un compendio de algunas charlas de divulgación científica dictadas por el físico austriaco—. Mucho debe haberlo impresionado, ya que, según el propio Watson, fue lo que le inspiró a cambiar a una carrera en la que terminaría con el descubrimiento de la estructura del ADN.

estar a punto de golpear la bota que forma el territorio de Italia. Hay que agregar, además, que en la época de Arquímedes se llevó a cabo la última de las Guerras Púnicas,¹⁷ cuyo desenlace definiría el dominio romano del mar Mediterráneo. Si se fijan en el mapa que se muestra más abajo, se darán cuenta de que, ante el choque de dos gigantes, la posición de Siracusa (que es más o menos la del jamón en un sándwich) no era nada envidiable; su supervivencia dependía tanto de las acciones diplomáticas de sus gobernantes y de su habilidad de aliarse con el imperio correcto (o sea, el que fuera ganando), como de su capacidad de defenderse de aquellos con los que no se había aliado.



Mapa. Roma, Siracusa y Cartago

17. Antes de ser el *mare nostrum* de los romanos, el Mediterráneo era el mar de los fenicios y sus herederos, que dictaban su ley desde Cartago; por eso, las guerras se llaman púnicas (del latín, *poenici*, fenicios), porque en ellas se enfrentó el entonces potencial Imperio Romano, contra el antes todopoderoso Imperio Cartaginés.

Aquí entra en escena Arquímedes, el cual no era cualquier hijo de vecino, sino sobrino de Hierón, rey de Siracusa. Contaba con el favor de su tío no por haber descubierto si el artesano encargado de fabricar su corona le había visto la cara, sino porque, ante todo, Arquímedes era un muy creativo inventor de armas. Fue esta capacidad la que permitió a Siracusa sobrevivir como ciudad estado al asedio romano (214–212 a. C.), y fue también la razón del berrinche terrible que debe haber hecho Marco Claudio Marcelo cuando le dijeron que, “por error”, uno de sus soldados había matado al que consideraba el botín más importante del sitio de Siracusa.

Antes de finalizar, una invitación a la reflexión: si decimos que el hecho científico está insertado en medio de la historia social de la humanidad y que influye y es influido en su desarrollo, ¿se han preguntado alguna vez si la influencia de la historia es más importante en el desarrollo científico, o es la influencia del hecho científico más importante en el desarrollo de la historia? En otras palabras: ¿puede el contexto social determinar la actuación de un científico, o puede un científico definir el curso de la historia? Dado que tenemos una realidad ya definida, lo que pudo o no haber pasado si las circunstancias fuesen otras pertenece al territorio de la especulación, pero la respuesta, como tantas cosas en la vida, parece encontrarse en el equilibrio. Así, ha habido ocasiones en que el contexto social parece determinar el acontecer científico, y otras, menos claras quizá, en que la labor de un científico puede ser un factor definitorio en el desarrollo de la historia. Para muestra, un botón... bueno, dos.

A la edad de 18 años, Isaac Newton inició sus estudios en la Universidad de Cambrigde. El lugar debió haberle parecido el paraíso, ya que su infancia había sido muy mala. Huérfano de

padre, meses antes de nacer, se vio además abandonado por su madre, quien, al casarse por segunda vez, lo dejó al cuidado de sus abuelos, los cuales no parecían sentir aprecio alguno por su presencia. Así, se apresuraron a deshacerse de él enviándolo a estudiar fuera de casa, donde generalmente compartió habitación con personas que no le caían bien, sentimiento que era retribuido. Imagínense, entonces, cómo se sintió el joven Isaac al llegar a Cambridge, cuando se dio cuenta de que por una módica cantidad podía disponer de alimentos, una habitación para él solito y la posibilidad de aprender y convivir no solo con grandes filósofos naturales, sino también con una biblioteca catalogada entre las mejores de su época. Newton dedicó sus primeros tiempos en Cambridge a leer mucho, oír mucho, pensar mucho... y escribir muy poco. En esos años, lo único que parece haber producido son unas notas sobre los telescopios, mismas que fueron muy criticadas por los miembros de la Royal Society, entre ellos Robert Hooke.¹⁸ Pero lo bueno no dura para siempre. Entre la primavera de 1665 y el otoño de 1666, Inglaterra sufrió la última de las grandes epidemias de peste. Las universidades cerraron y Newton se vio obligado a volver a casa. En ese periodo, y en la desocupada soledad del hogar, descubrió (o enunció) —entre otras cosas—, la ley de la gravitación, las bases de la mecánica clásica, el cálculo infinitesimal, la generalización del teorema del binomio y la naturaleza física de los colores. Este es el primer “Año Maravilloso de la

18. Newton no reaccionaba bien ante la crítica y era un hombre de rencores profundos. Cuando, más tarde, fue nombrado presidente de la Royal Society, su venganza contra Hooke fue terrible; incluso se le acusa de haber quemado el retrato de su rival guardado en la asociación, lo que da como resultado el que no tengamos ni idea de la apariencia del científico que acuñó el concepto de la célula.

Física”.¹⁹ Dado que la producción de Newton nunca volvió a ser tan fructífera, uno no puede dejar de preguntarse qué habría sucedido si la peste no hubiese obligado a Newton a huir de Cambridge y dedicarse por fin a poner por escrito las conclusiones a las que había llegado. Aquí bien pudiéramos estar ante el caso de cómo un evento que no parece tener nada que ver con la ciencia, puede influir en los trabajos de un científico.

Por otro lado, y en el afán de dar un ejemplo de si un científico es capaz de influir en el desarrollo de la historia, hablaremos de Werner Heisenberg y su papel en el proyecto de la bomba atómica nazi. Es muy conocido el hecho de que una carta de Einstein fue uno de los detonadores del proyecto Manhattan, que culminaría en la caída de bombas atómicas sobre las ciudades de Hiroshima y Nagasaki. En ese escrito, dirigido a Truman, presidente de los Estados Unidos, Einstein advertía del trabajo que se desarrollaba en Alemania para construir el arma más mortífera que hasta entonces existiera en el planeta. La advertencia no carecía de fundamentos; después de todo, el proyecto nazi contaba con la colaboración de Otto Hahn, líder del equipo que había descubierto la fisión nuclear, y tenía como jefe a Werner Heisenberg, una de las mentes más brillantes de la física y las matemáticas de ese entonces.

De haber sabido cómo iban las cosas en Alemania, las preocupaciones de Einstein se hubiesen disipado: para entonces, Heisenberg estaba llegando a la extraordinaria conclusión de que la bomba atómica era un absurdo, porque para iniciar una reacción en cadena —según los cálculos del buen Werner— se

19. El otro “Año Maravilloso de la Física” es 1905, pues fue entonces cuando Albert Einstein publicó cinco artículos que revolucionarían la naturaleza de nuestro universo.

necesitaban 20 toneladas de material fisionable, las cuales eran muy difíciles de reunir, y prácticamente imposibles de trasladar. Así, Heisenberg dejó de lado sus investigaciones sobre la bomba y dedicó su tiempo —y el de Hahn—, al diseño de un reactor nuclear que pudiera producir energía eléctrica.

Casi al final de la guerra, los norteamericanos capturaron a los científicos involucrados en el Proyecto Uranio, los encerraron en una casita en el campo inglés y monitorearon en todo momento sus conversaciones. La intención era investigar si el proyecto estaba cerca del éxito; con ese mismo propósito, los científicos fueron informados cuando se lanzaron las bombas de Hiroshima y Nagasaki. La sorpresa de sus captores debió haber sido enorme, ya que la reacción inicial de los científicos fue de incredulidad; sin embargo, no mucho después, Heisenberg se dirigió a un pizarrón y rehizo sus cálculos sobre la masa crítica, obteniendo esta vez la respuesta correcta. Fue entonces cuando este gran matemático se dio cuenta de que la primera vez se había equivocado por más o menos tres ceros, y que la cantidad de material fisionable para obtener la masa crítica se contaba por decenas de kilos, y no por miles.

Hasta su muerte, Heisenberg mantuvo la honestidad de su error, pero son muchos los que piensan que esa fue su forma de evitar que Hitler pudiera tener acceso a las armas atómicas. Después de todo, Heisenberg nunca fue un simpatizante nazi (aunque era un alemán profundamente comprometido con su patria) y su defensa de científicos judíos como Einstein y Max Born ya lo había metido en problemas tan graves que solo la amistad de su familia con la de Himmler pudo zanjar. Se habla también de una reunión entre Niels Bohr y Heisenberg, ocurrida en 1941, en la que ambos discutieron y analizaron las terribles

consecuencias de la energía atómica dedicada a fines bélicos, lo cual también pudo haber afectado la actitud de Heisenberg.²⁰ En cualquier caso, la equivocación de Heisenberg quitó a los alemanes cualquier oportunidad de ganar la Segunda Guerra Mundial.

A manera de epílogo

El hombre no es una isla, dice John Donne. Y los científicos no son la excepción. Nos guste o no, estamos sumergidos en el contexto histórico y social. De ahí nos alimentamos, al tiempo que lo modificamos con nuestras acciones. Incluir el contexto sociohistórico en las actividades relacionadas con la ciencia enriquece el conjunto y nos ayuda a entender las razones y los motivos que llevaron a los científicos a estudiar y tratar de comprender nuestro mundo. Es en este entendimiento donde se puede cultivar un aprecio real por la ciencia y sus productos, de manera que el acercamiento a lo que conocemos como el “universo científico” se produce de una forma natural.

Los dejo con una frase del libro *La Ciencia en la Historia*, de John de Bernal: “Cuanto más grande es un hombre, más se sumerge en la atmósfera de su época. Solo así puede abarcarla lo suficiente para alterar de un modo sustantivo el esquema del conocimiento y de la acción”.

Referencias

BERNAL, John D: *La ciencia en la historia*, México, Nueva Imagen-UNAM, 1982.

20. Con respecto a esta reunión existe una obra de teatro del famoso escritor Tony Frayn, y una subsecuente película basada en la pieza dramática. La película *Copenhagen* (2002) es relativamente fácil de conseguir y nos ofrece una especulación de lo que pudo haber pasado en la reunión de Bohr y Heisenberg.

- BOITO, M. E. y E. M. de la Cruz: “La importancia de la oralidad en la cultura contemporánea” en *Revista Latina de comunicación social*, núm. 35, 2000, p. 20.
- CLUTE, J.: *CF, Ciencia ficción: enciclopedia ilustrada*, Barcelona, Ediciones B, 1996.
- FEYERABEND, P. K.: *Tratado contra el método*, Madrid, Tecnos, 1986.
- GRIBBIN, J.: *Historia de la ciencia*, Barcelona, Crítica, 2006.
- GUTIÉRREZ, S. D.: “Lo que los estudiantes opinan acerca de las carreras profesionales” en *Revista de Estudios para el Desarrollo Social de la Comunicación*, núm. 7, 2013.
- KUHN, t.: *La estructura de las revoluciones científicas*, México, FCE, 1971.
- LAKATOS, I.: *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*, Madrid, Tecnos, 2001.
- MARDONES, José María: *Filosofía de las ciencias humanas y sociales: Materiales para una fundamentación científica*, Barcelona, Anthropos Editorial, 2001.
- POPPER, K. R. y J. M. S. Ron: *La lógica de la investigación científica*, vol. 19662, Madrid, Tecnos, 1962.
- PRIETO Castillo, Daniel: “La interlocución radiofónica” en *Manuales de Educación radiofónica*, Quito, CIESPAL, 1994.
- TARAZONA, Á. A.: “La enseñanza de la historia social de las ciencias, tecnologías y profesiones” en *Historia de la Educación Colombiana*, núm. 10, 2007, pp. 59–72.
- VÁZQUEZ Alonso, A. y M. A. Manassero Mas: “Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual” en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 13, núm. 3, 1995, pp. 337–346.



EL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LOS TALLERES DE CIENCIAS

Francisco Javier Alcaraz Ayala
paco.alcaraz@gmail.com

Coordinador del grupo Onix de Morelia
Director del Planetario de Morelia

Tradicionalmente, los talleres de divulgación relacionados con la Física, están encaminados a la mecánica clásica, el equilibrio, los planos inclinados, las poleas, las básculas, aparatos interesantes, pero, en general, máquinas simples. Tiempo atrás, en la década de los noventa, en los inicios del grupo Onix en la Facultad de Ciencias Físico– Matemáticas, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), dimos nuestros primeros pasos en la aplicación de nuevas tecnologías. Empleábamos, entre otras cosas, un rayo láser rojo para mostrar efectos de óptica y, en algunos foros, comentábamos la urgencia de aplicar en la divulgación elementos de nuevas tecnologías, como la electrónica y las computadoras. De esta forma, nació un taller basado en las nuevas tecnologías, “El lenguaje de las computadoras”. Aún recuerdo una sesión en la Casa de Moneda, de la ciudad de San Luis Potosí, en el marco del Congreso de Física, donde se discutía de manera negativa el uso de las nuevas tecnologías en la divulgación; sin lugar a dudas, era un punto de inflexión donde se veían las perspectivas de los grandes divulgadores de tradición y las de los jóvenes que iniciábamos en este medio.

Nuestro argumento era que los niños ya no eran de trompos, canicas y baleros, sino de juegos de videos y computadoras. Es cierto que la divulgación de la Física lleva una tradición con la mecánica, pero no podemos negar su línea de desarrollo, como la que se traza de la electricidad a la electrónica; si revisamos en las demás áreas de la divulgación científica, el impacto es aún más grande, pues resulta fácil observar cómo en nuestro país la tecnología ha llevado a dar saltos importantes tanto en la medicina, como en la química, la biología e incluso la educación, y cómo ha ido en aumento la implementación de la “Enciclomedia” en las escuelas de educación básica.

Dentro del grupo Onix, llevamos a un siguiente paso el taller de “El lenguaje de las computadoras”, para formar una red de computadoras. Comenzamos en aquellos años el trabajo con otro taller, “Redes Escolares”. Este proyecto que coordinaba una red de diez computadoras, y con él introducimos a niños y profesores en el uso del internet, aunque en esos días no había mucho acceso y poca gente lo conocía; de cualquier forma, nos las arreglábamos con máquinas prestadas, de monitores monocromáticos (la mayoría era de procesadores 386).

La dinámica era simple: mediante una sencilla introducción les enseñábamos a usar un *chat* y un programa para manejo de archivos; a continuación, los usuarios inventaban sus *nicknames* y escogían al azar con quiénes charlar e intercambiar archivos. Durante una hora, daban rienda suelta a su imaginación y sus pláticas. Nuestro objetivo era ver los alcances de las nuevas tecnologías para el intercambio de ideas e información en el ámbito académico. Los resultados fueron muy alentadores y, de hecho, sorprendentes en cuanto a la fluidez y profundidad de conversación que daba la sensación

protectora del “anonimato” de un *nickname*, combinada con el amparo de estar frente a un monitor y no frente a una persona o un panel de personas.

El acceso a nuevas tecnologías ya estaba presente en muchos ámbitos. Más tarde, aunado con los talleres de Física, introdujimos la “Realidad Extendida”, un concepto novedoso que le encantaba a la gente porque podían ver cómo dentro de una charla al pasar una etiqueta ante una cámara de computadora, la pantalla nos mostraba imágenes sobrepuestas. La idea de una herramienta que pudiera extender la información presentada fue muy útil y emocionaba al auditorio.

Hoy, dentro de una sociedad cada vez más inmersa en el uso de equipos electrónicos, es imposible evitar el tema de las nuevas tecnologías. En cualquier hogar, por humilde que sea, hay contacto directo no solo con un radio receptor, sino con un teléfono celular, un reproductor de música para archivos MP3, un aparato de TV y hasta una consola de videojuegos. ¿Cómo, entonces, se explica un niño cómo funciona un control remoto por infrarrojos? ¿Cómo es que hay tanta música en un reproductor MP3 tan pequeño? ¿Cómo puedo ver películas en un teléfono inteligente? Interrogantes como estas nos dejan claro que la divulgación de la ciencia y la técnica no puede ser ajena a las nuevas tecnologías.

Hablar de computadoras es, para muchos, hablar de trabajo en la oficina, de juegos o de pláticas con amigos en páginas sociales; para los científicos, es algo muy distinto: es hablar de cálculos y simulaciones numéricas, de fenómenos como ciclones o formación de estrellas. En cualquier caso, las computadoras hablan otro idioma muy distinto al nuestro y es real; para darnos una idea de cómo lo hacen, deberíamos ver, al menos, cómo es su lenguaje.

Dentro de cualquier equipo digital (computadora, reproductor de música, consola de juegos, de medicina, o incluso un reloj digital de pulsera) nos encontramos con un lenguaje en común; no importa si el equipo se construyó en China, en México o en Finlandia, todos estos equipos modernos utilizan un lenguaje de unos y ceros, el llamado código binario.

Ahora, lo importante de entender este lenguaje y sus aplicaciones, es ver su origen; no lo encontraremos en lenguas antiguas como el latín o el hebreo, sino en las matemáticas. Desde ya hace unos cientos de años, las personas se preguntaban cómo comunicarse con la menor cantidad de información posible; se llegó, entonces, a la expresión de ideas con dibujos, símbolos o letras, como estas mismas que estás leyendo. Pero resta el problema de los idiomas, ¡hay tantos! ¡Sería imposible que todos los entendiéramos y captáramos la misma idea!

Necesitábamos un lenguaje universal y para ello se usaron las Matemáticas. ¡Son ideales! ¡No importa si el mensaje es leído por alguien que habla alemán, chino, español o portugués! ¡Todos podemos aprender y usar las matemáticas! Lo mejor es que para entender el código binario solo necesitamos saber sumar y restar, y con ello nos asomamos al “lenguaje de las computadoras”.

Si el reto es usar el mínimo de palabras, o de números y nos queremos comunicar, lo mínimo que podemos decir para responder es sí o no. Esto es fácil de entender en todo el mundo. Bien... en matemáticas, el equivalente a responder sí o no es usar un **0** o un **1**; digamos que para decir no usamos el **0**, y para decir sí, el **1**.

Parece que no sería suficiente para una buena comunicación, ¡así que usaremos el **1** y el **0** para mucho más! Es ahí donde entra el código binario. Imagina que queremos formar palabras con solo esos dos números, el **0** y el **1**. Debemos ponernos de

acuerdo: vamos a auxiliarnos con el abecedario latino, que conocemos todos, para dar a cada letra un valor por su posición, así la A=1, B=2, C=3... y así, hasta llegar a la Z. ¿Ahora cómo hacemos usando solo el 0 y el 1 para llegar hasta la Z? Una manera es usando las sumas, $1+1=2$ así $1+1=2$ y $2=B$, pero se vuelve incómodo para la F: $1+1+1+1+1+1=6=F$. Para resolver esto, las matemáticas tienen un atajo: la potencia. Veamos qué pasa con un ejemplo, la letra D: $1+1+1+1=4$, $4=D$. También llegamos al 4 usando el número 2 y las potencias: $2^0=1$, $2^1=2^1=2$ y $2^2=2^2=4$, entonces $2^2=4$ y $4=D$, mucho más sencillo y —lo más importante— ;con muy pocos números!

Usando el número 2 y aplicando las potencias podemos generar el número que queramos. Ahora, si usamos una manera de sumar números a partir del 2 y las potencias en celdas es más fácil generar números y armar un código que funciona si vamos multiplicando el valor del 2^0 primero por cero, y después por uno, luego el del 2^1 también por cero y después por uno; veamos el ejemplo:

2^1	2^0	Resultado de las sumas
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

Si hacemos la tabla del 2^0 hasta el 2^3 tendremos sumas del 1, 2, 4 y 8; con ellos sumamos del 0 hasta el 15, teniendo así 16 posibles valores con solo cuatro celdas. Las primeras computadoras usaban estas cuatro primeras casillas, por eso las llamaban de 4 bits. En los años ochenta, algunas escuelas y empresas ya tenían computadoras de 16 bits; poco después se hicieron populares

las computadoras con procesadores de 32 bits, como las que usas hoy, aunque desde los años noventa muchas universidades ya usaban de 64 bits. La diferencia es enorme: imagínate que las primeras computadoras solo podían representar 16 colores, incluyendo el negro del monitor; hoy, con una computadora de 64 bits puedes representar millones de colores.

Ahora veamos cómo hacían las viejas computadoras para representar una sola letra o un solo número con pocos datos: se valen de figuras que parecen ochos llamadas dígitos de siete segmentos.

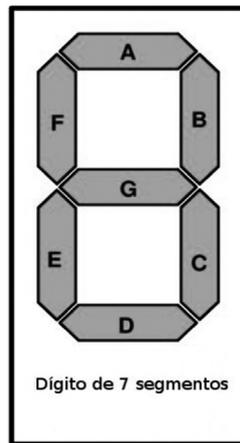
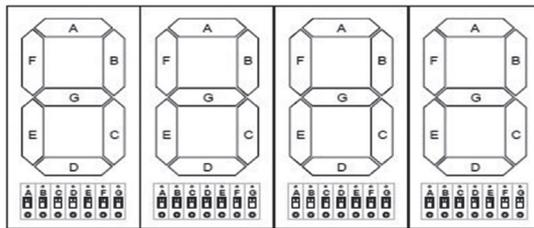


Figura 1. Dígito de siete segmentos.

Para formar un número, los segmentos se encienden o se apagan individualmente; de esta forma, si quisiera representar un cero, tendría que activar los segmentos: a, b, c, d, e y f; si quisiera formar el 1 tendría que usar el b y c; para formar un 3 tendría que usar los segmentos a, b, c, d y g. Ya se antoja resuelto para los números, pero ¿qué pasa con las letras? Intentemos una letra C; usaríamos los segmentos a, d, e y f. Para una A, usaríamos a, b, c, e, f y g.

Ahora, hagamos un ejercicio con la “Plantilla del taller” (figura 2). Piensa en una palabra de cuatro letras y rellena los segmentos para formar cada letra; por cada segmento usado rellena la bolita que tiene la letra del segmento en el renglón correspondiente, ordenándolos con las letras de izquierda a derecha y los renglones de arriba abajo. Usando el renglón que queda al fondo del formato, convierte cada bolita rellena en un 1 y cada bolita vacía en un 0, tendrás cuatro palabras de 7 bits o datos. ¡Has convertido una palabra normal en una serie de datos por medio de un código binario!

Electrónica digital Programación



A	B	C	D	E	F	G	LETRA
<input type="checkbox"/>							
A	B	C	D	E	F	G	LETRA
<input type="checkbox"/>							
A	B	C	D	E	F	G	LETRA
<input type="checkbox"/>							
A	B	C	D	E	F	G	LETRA
<input type="checkbox"/>							

HOLA= 0010111 0011101 0110000 1111101
ATUN= 1111101 0001111 0011100 0001101
NIDO= 0001101 0010000 0111101 0011101

Escribe en una sola línea tu palabra en binario

Figura 2. Plantilla del taller.

De esta manera, con códigos y formatos para números y letras comenzó el lenguaje de las computadoras. Y para tantos caracteres que usamos para escribir y comunicarnos, se utilizaron muchos códigos binarios para nuestros teclados, como el ASCII; finalmente, para las computadoras solo son 0 y 1. Ahora podemos ver la importancia del código binario; a través de él podemos usar la computadora para jugar, platicar y compartir nuestras fotos o para hacer modelos matemáticos de la naturaleza, todo con el poder que dan las matemáticas al 0 y al 1.

El código binario y las matemáticas pueden asustar a más de uno cuando los vemos por primera vez en la secundaria o en la prepa, pero con pequeños ejercicios nos puede quedar muy claro cómo funcionan; un buen maestro o divulgador puede despertar vocaciones hacia las ingenierías o, como decimos, puede “vacunar” a todos contra la ciencia y la tecnología. Como divulgadores, debemos recordar que los jóvenes y niños no tienen muchas ideas previas sobre el tema, incluso se pueden formar criterios y tomar decisiones basados en comentarios de otras personas que muchas veces ni siquiera están informados al respecto.

Para darnos una idea de la importancia de las nuevas tecnologías, imagina por un momento que no hay computadoras. ¿Cómo sería el mundo? De entrada, no tendríamos calculadoras portátiles, los relojes de pulsera serían de manecillas, no tendríamos celulares capaces de mandar mensajes de texto ni de tomar fotografías o de reproducir música; probablemente, los reproductores de música serían aún a cassette, como en los años ochenta; habría muy pocos satélites, con lo que la televisión sería —en su mayoría— por transmisión abierta, de muy poco contenido y solo programas locales.

Con las actuales computadoras puedes realizar tu tarea y no volver a escribir varias veces toda una página por un error en mecanografía (como cuando tecleas una letra por otra en una máquina de escribir). Gracias al acceso a internet podemos consultar varios temas y en diversas fuentes en muy poco tiempo, algo que sin las computadoras te llevaría toda una tarde hacer dentro de una biblioteca; por cierto... ¿hace cuánto que no has ido a consultar libros en una biblioteca? Hoy, las noticias por internet son mucho más rápidas y ricas en contenido que en la televisión; incluso, algunos noticieros invitan a que el público mande sus propios reportajes por medio de los celulares.

Las nuevas tecnologías son tan importantes que nuestro mundo ya no puede dar marcha atrás en su uso; el radio, el cine, la televisión están ligados a estas tecnologías, incluso el funcionamiento de las escuelas; muchos sistemas escolares llevan sus controles de calificaciones e inscripciones en sistemas basados en computadoras, incluso hay profesores que usamos las páginas sociales para dar notificaciones y asesorías a nuestros alumnos.

El grupo Onix sigue con su filosofía de eliminar las “cajas negras” de la vida cotidiana, hoy sigue en nuestro repertorio la charla sobre el “Lenguaje de las Computadoras” y en todas ellas nos auxiliamos con el uso de nuevas tecnologías, desde el equipo de sonido, los proyectores, las computadoras portátiles, hasta los teléfonos inteligentes con los que manejamos la presentación a distancia, insertamos videos o incluso llevamos una charla de astronomía al usar una aplicación que nos permite ver el cielo con las constelaciones y planetas en tiempo real.

La idea de las redes escolares ha surgido en todo el mundo de manera natural para contribuir en la educación; compartimos

con la fundación OLPC (www.laptop.org) la visión de llevar la educación a los niños por medio de una PC.

En Latinoamérica existen diversos programas educativos que usan esa misma idea, como la RED TELAR, en Argentina; Enlaces Mundiales, en Brasil y Paraguay; Enlaces, en Chile; RED Telemática Educativa del PRONIE MEP-FOD, en Costa Rica; Conexiones, en Colombia y RED ESCOLAR, en México.²¹

La divulgación de la ciencia tiene hoy la oportunidad de integrar nuevas herramientas, las nuevas generaciones tienen muchas ideas y están familiarizados con el uso de las nuevas tecnologías. Es nuestro deber como divulgadores dar a conocer la ciencia que hay en las nuevas tecnologías, y es asimismo nuestra ventaja poder usar tantos avances para hacer nuestra labor cada día más interesante y más ilustrativa.



21. REDAL Estudio Sobre las Redes Escolares de América Latina (http://www.cudi.edu.mx/Conferencias/2005/virtual_educa/ve05/pdf/extensos/paralelas/C-1/2005-03-30342redal.pdf)

LOS CLUBES DE CIENCIA

Viridiana Esparza Manrique
frijolito@grupoquark.com

Coordinadora del Club de Astronomía Astropatos
Secretaria del Grupo Quark, Museo de Ciencias,
Universidad Autónoma de Zacatecas

Sin duda, lo más fácil de un club de ciencia es su formación; lo más difícil, mantenerlo.

Antes de entrar de lleno en el capítulo, me tomaré la libertad de describir los clubes de ciencia. Sí, ya sé que para muchos de ustedes es el pan de todos los días; lo hago, más bien, con la esperanza de que este libro llegue a las manos de personas que no son especialistas, y se decidan a formar su club de ciencias o incorporarse a uno.

Los clubes de ciencia son lugares de esparcimiento y recreación donde los miembros están en un constante ir y venir en el aprendizaje científico. Normalmente, los mediadores son divulgadores de ciencia, y es a través de actividades diversas —como los talleres— que se involucra a las personas en el tema sobre el cual gira el club. Forman parte de la educación no formal, por lo que las actividades no necesariamente tienen que estar programadas o pueden cambiar según la dirección que tanto los miembros como los organizadores les quieran dar.

Me ha tocado estar en las dos caras de un club: como participante y como organizador. Desde que era niña me gustó formar

parte de clubes deportivos, de música y de ajedrez. Fue hasta 2005 cuando me integre a Quark, que mi vida dio un giro de 180 grados y pasé del compromiso de ser parte al compromiso de organizar y llevar a cabo las actividades de los clubes de ciencia de los que estamos a cargo. En este capítulo voy a hablarles un poco de mi formación como tallerista y, sobre todo, de cómo fui involucrándome hasta el grado de ser la coordinadora de uno de los clubes que se ha mantenido por casi seis años. Este es mi recorrido por más de ocho años en la divulgación.

Cuando llegué a Quark, no tenía mucha idea acerca de lo que eran los talleres de ciencia, mucho menos la tenía de la forma en cómo se lleva a cabo la organización y las actividades de un club de ciencia. Afortunadamente para mí, conté con la experiencia de Miguel García Guerrero (coordinador de Quark) y Bertha Michel (directora del Museo de Ciencias), que confiaron en mí y me fueron enseñando, paso a paso, qué y cómo hacerlo.

En una receta, son importantes los ingredientes, pero igual de importante es el lugar y el ambiente en el que vivimos; así, para hacer un pastel, necesitamos saber cuál es la humedad en el aire, de eso depende la cantidad de líquidos que le pondremos a la mezcla. Con esto, no pretendo darles los ingredientes de una receta que debe seguirse meticulosamente; más bien, les compartiré lo que nos ha funcionado y lo que no para que les sirva como guía, esperando que les ayude a formar su propio club de ciencia.²²

22. “Los clubes de ciencia se constituyen en un escenario en el que niños, jóvenes y adultos pueden potenciar sus ideas y su creatividad a través de una investigación: desde las ciencias naturales a las ciencias sociales, o bien, a través de aspectos técnico–tecnológicos. Están conformados por un grupo de personas (niños, jóvenes o adultos) que, con un orientador y una organización establecida, desarrollan actividades que contribuyen a la alfabetización científica y tecnológica del grupo y de la comunidad” (Sosa Santillán, 2010).

¿Por qué?

El primer paso que tenemos que tener en cuenta es el porqué queremos formar un club; una vez que lo hayamos considerado podremos seguir adelante. Es muy importante mencionar que la razón debe estar clara siempre, ya que de eso depende nuestro éxito.

Las razones pueden ser varias:²³ fortalecer los lazos de los participantes con la ciencia, formar parte de un proyecto, acercar la ciencia a quien no tiene contacto con ella, incrementar la cultura científica en el lugar, promover la participación de los miembros en actividades científicas, encaminarlos a elegir carreras de ciencias exactas o tecnológicas, etcétera.

Si perdemos de vista el motivo por el que formamos el club y nos salimos del esquema de partida, será muy fácil dejar de lado nuestro objetivo, y el club de ciencias se tornará en algo diferente. No estoy diciendo que no puedan hacerse ajustes —porque son necesarios durante la evolución del club—, sino que deben ser cambios pequeños y paulatinos que no modifiquen por completo los motivos de la formación.

Existen elementos fundamentales para el desarrollo de un club de ciencias que, al articularse, ofrecen las condiciones para un desarrollo exitoso; a continuación, los abordaremos de forma breve para ofrecer un panorama general de su estructura de trabajo.

23. “En términos generales, podemos diferenciar dos grandes finalidades de la educación científica: a) la formación de científicos, es decir, el acceso a la práctica de la ciencia de una parte minoritaria de la sociedad para que sea el agente activo del desarrollo científico–tecnológico, y b) la mejora del nivel de conocimientos científicos de los ciudadanos. Hasta hace unas pocas décadas, en los países más avanzados se ha considerado la formación de científicos como la gran finalidad de la educación científica” (Blanco López, Á., 2004).

Organizadores

Cuando se forma un club, siempre hay que contar con la ayuda de otras personas que nos ayuden con la organización y, dicho sea de paso, es mejor que esas personas sean buenos colaboradores, para que el producto sea de calidad. Los organizadores son quienes deciden el porqué, el objetivo y la forma en la cual se desarrollarán las actividades del club. En pocas palabras, son los que se encargan de que todo funcione según lo planeado. Normalmente, el club forma parte de alguna institución o pertenece a algún grupo consolidado.

Miembros

Son la parte central de un club de ciencias, los que le dan sentido y vida a las actividades. Puede haber miembros de varios tipos:

Apáticos. Permanecen por un corto periodo de tiempo; este tipo de miembros se destaca de los demás por su falta de interés, o porque la razón de su llegada no concuerda con el objetivo del club. Suelen estar en pocas sesiones y su aporte es escaso o nulo. Se les debe tratar de reconocer desde el principio, ya que la forma en la que el divulgador los involucre resultara clave para el aporte científico que pueda llevarse. No porque no estén interesados se les debe excluir; al contrario, nuestro deber como divulgadores es dejar huella en ellos para que en un futuro puedan aportar a la cultura científica de la sociedad.

Temporales. Participan regularmente pero tienden a irse una vez satisfechas sus necesidades. Este tipo de miembros se destacan por su participación y su interés; sin embargo, llega el momento en que su curiosidad por acercarse a la ciencia cesa y cambian sus intereses personales. De cualquier manera, estos miembros

no serán renuentes a participar en actividades científicas en el futuro, pues para ellos la ciencia ya forma parte de su vida. En el caso específico de los niños en edad escolar, presentarán un mejor rendimiento y aprovechamiento en las clases de ciencias, pues su visión acerca de la ciencia será diferente a la del resto de sus compañeros, y podrán relacionar los conceptos con la vida cotidiana.

Asiduos. Los miembros que tarde o temprano, por su interés, llegan a formar parte de la organización. En todos los clubes, hay miembros que destacan por su interés; siempre están buscando la forma de hacer aportaciones significativas a las actividades, y que incluso van más allá de lo esperado.

Actividades

Las actividades pueden ser diversas: lúdico-experimentales, demostrativas, pláticas, etcétera. La organización establece desde un principio cuál será la mecánica a seguir. Se recomienda que los miembros del club ayuden a establecer algunas de las actividades, lo cual favorece una mayor integración.

Los divulgadores tenemos una enorme responsabilidad como mediadores del conocimiento científico. Debemos comprender que los medios y las herramientas que usamos en el proceso nos dotan de poder; en cómo lo usemos deberemos ser siempre prudentes. Los clubes de ciencias²⁴ son un medio de transmisión de conocimiento.

24. “Son bastante comunes en algunos países y suelen aparecer al amparo de centros educativos o de entidades públicas. Su finalidad es poner de manifiesto que la ciencia es algo que se practica y no simplemente algo que se aprende. Se pretende ofrecer a los jóvenes otra forma de acercamiento a la ciencia mucho más grata, ya que en ella no hay horarios, temarios ni exámenes” (Blanco López, 2004).

A continuación, narraré mi experiencia en tres clubes de ciencia diferentes; cada uno de ellos ha marcado mi forma de hacer divulgación, en el proceso me he tenido que adaptar, y también he aprendido a crear e improvisar para que las actividades fluyan.

Club Infantil de la Ciencia

El primer club de ciencia del que fui parte fue el Club Infantil de la Ciencia (CIC), que justo en 2005 cumplía 15 años de existencia, así que para mí fue relativamente fácil unirme; el club estaba consolidado, contaba con un reconocimiento estatal y nacional, tenía una dinámica bien establecida y yo pensaba que era pan comido. Para mi sorpresa, las cosas no eran tan fáciles como creía, existían muchos retos para los cuales no estaba preparada.

El CIC es un programa que nació en 1990 por iniciativa del ingeniero Antonio Villareal Álvarez, el físico Octavio Campuzano y Catarino del Hoyo. Fue pensado para que jóvenes y adultos se involucran en la ciencia, haciendo demostraciones de física y dando charlas de divulgación. Para la gran sorpresa de los organizadores, eran los niños quienes acudían con regularidad, por lo que hubo necesidad de ajustar la dinámica de las actividades, y fue así que se pasó de experimentos demostrativos a incluir talleres donde los niños manipulaban y experimentaban con diversos fenómenos científicos. En 1992, las actividades pasaron de ser esporádicas a periódicas, por lo que mantiene a un número de niños constante participando en los talleres.

A partir de 1995, esta responsabilidad recae en el grupo de divulgación Eureka, que recién se había formado. Durante seis años, Eureka se hizo cargo del club; por diversas razones, el

grupo no pudo mantenerse al frente del CIC y este quedó a la deriva. En 2001 nace Quark con el único propósito de restituir las actividades del CIC.

Para hablar del CIC es necesario que haga una pequeña semblanza de Quark, pues no solo es quien está a cargo, sino que ha crecido y se ha desarrollado a la par. Quark comenzó con nueve integrantes: ocho de la licenciatura en Física y una de preparatoria; sin embargo, con el paso del tiempo fueron integrándose más miembros, ahora de diferentes licenciaturas (y no todos del área de ciencias exactas). Eventualmente, se dio un *boom* en los miembros de nivel preparatoria y secundaria, hasta llegar a los casi 60 participantes activos con los que se cuenta a la fecha.

A partir de 2002, Quark se hace cargo del CIC, contando con una participación de 25 niños (lo cual, en ese momento, era un récord para el programa). Gracias al alto índice de reincidencia de un año a otro por parte de los participantes, la asistencia ha crecido de forma sostenida a lo largo de los últimos 11 años, hasta alcanzar en años recientes una participación de más de 100 niños inscritos por semestre.

Niños de 5 a 15 años se reúnen cada sábado en el CIC, por dos horas. Bajo un programa anual establecido realizan actividades dirigidas por integrantes de Quark. La permanencia de algunos de los niños nos ha impuesto varios retos como talleristas: había que pensar en actividades diferentes para cada sesión, siendo cuidadosos de no repetir temas ni talleres; qué hacer con los niños que llegaban al límite de edad; cómo manejar el creciente número de niños inscritos, entre otros.

Y aunque no estuve en Quark desde su formación, sí me ha tocado enfrentar muchos de estos retos. Con el crecimiento y diversificación de Quark, llegaron nuevas ideas y se comenzó a

trabajar en otras líneas. Eso resolvió uno de los problemas, al establecerse un programa de acuerdo con el cual los niños que llegan a los 15 años o cumplen con ciertos requisitos (antigüedad, relación con sus compañeros, edad mínima de 13, participación, etcétera) pasan a formar parte de Quark y, al igual que los nuevos miembros, entran a un curso de capacitación. El programa se llama “Fuerzas básicas de la ciencia”. Debo agregar que, a la fecha, algunos de ellos están estudiando carreras científicas o piensan estudiar en la rama de las ciencias exactas o ingenierías.

El CIC es uno de los clubes con mayor éxito. A 23 años de existencia, aún tiene mucho por dar a Zacatecas. Me siento orgullosa de ver a los niños crecer adoptando la ciencia como forma de vida y llevándola a sus salones de clases y —lo más importante— a sus hogares.

Club de Lectura de Ciencia Ficción

De 2007 a 2012 estuve a cargo del Club de Lectura de Ciencia Ficción; en él estuve inmiscuida desde su gestación hasta su lenta desaparición. El objetivo de este club era acercar a las personas a la ciencia desde la perspectiva de la ciencia ficción.²⁵ Se leían cuentos y novelas de diversos autores y épocas, y en algunas ocasiones se proyectaban películas basadas en lo leído. Nunca me interesó que hubiese una gran participación; al principio

25. “Una de las características de la ciencia-ficción, cuando ha tomado ideas científicas, ha sido siempre la de explorar campos nuevos, aún no tocados por la investigación oficial. Cuando esto ha sido hecho por científicos, el género se convirtió en campo de experimentación para teorías aún no bien demostradas, en cuentos donde dicha teoría se daba por supuesta y se desarrollaban sus posibles consecuencias [...] Estos temas científicos predominaron en una primera etapa de la ciencia-ficción norteamericana y dieron abundantes frutos al provocar el surgimiento de muchas vocaciones científicas, aunque no sean, sin embargo, lo esencial del género” (Capanna, 1966).

llegamos a ser alrededor de 15 miembros y funcionaba bien, nos reuníamos una vez a la semana, se discutía lo que habíamos leído en casa y leíamos algún otro cuento. Las discusiones siempre se tornaban en pláticas de amigos, que todos disfrutábamos mucho. Debo resaltar que los participantes eran, en su mayoría, miembros de Grupo Quark, lo cual facilitaba en gran medida la dinámica. Al paso del tiempo, algunos perdieron el interés o les surgió alguna otra actividad que los hizo abandonar el club.

Los verdaderos problemas comenzaron cerca de 2010. Tratando de involucrar personas ajenas al grupo, me di a la tarea de invitar a chicos de preparatoria; algunos de ellos fueron... una vez. Los miembros disminuían y no sabía qué estrategia usar para llamar la atención de las personas, los ánimos decayeron y, por momentos, pensamos en abandonar las actividades. Pero continuamos, tal vez por costumbre o con la esperanza de que las cosas mejoraran. En algún momento llegaron nuevos miembros, que se incorporaron por varias sesiones pero, como había pasado antes, eventualmente, dejaron de asistir.

Finalmente, en 2012 y por motivos que estuvieron fuera de mi alcance, cesaron las actividades del club y hasta este día no se han retomado.

Aprendimos varias cosas en el proceso: nunca tuvimos claro a quién estaba dirigido, simplemente surgió la idea y se conformó; al principio no nos dimos a la tarea de buscar nuevos miembros, y eso terminó por hacer un grupo cerrado; hacía falta más dinamismo en las actividades, nunca hubo giros que permitieran la evolución y marcaran pautas para establecer actividades mejor planeadas y con mayor pregnancia.

El club puede considerarse un fracaso en muchos aspectos pero, a la vez, nos ha enseñado cómo no hacer las cosas en un

futuro, si es que algún día se retoma. Con la esperanza de que sea así, creo que sería bueno desarrollar talleres que puedan incluirse en las actividades establecidas.

Club de Astronomía para Aficionados “Astropatos”

El Club de Astronomía para Aficionados “Astropatos” es el tercer club en el que participo como organizadora. De alguna forma, tiene cierta independencia de Quark, ya que las actividades no se desarrollan en el Museo de Ciencias, y Héctor Manuel Román Hidrogo, quien junto conmigo lleva la coordinación del club, no es miembro de Quark.

En 2004, nace el club y queda a cargo de miembros de Quark; originalmente, estaba dirigido a los niños del CIC, a sus papás y al público en general, y las actividades eran dentro del Museo de Ciencias. En 2008, después de un periodo largo de inactividad, se retoma, pero esta vez en el Observatorio Astronómico de la Unidad Académica de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ). Sus principales actividades son la observación a simple vista y con telescopio, pláticas de los miembros acerca de temas astronómicos y, en algunas ocasiones, talleres lúdico-experimentales y charlas de invitados.

Si bien el número de miembros oscila entre ocho y diez, la mayoría es constante y hay otros que van y vienen; esto ha permitido que, de alguna forma, el club se mantenga activo. En los cinco años que tiene activo, se ha incrementado en más de 300 por ciento el número de visitantes al observatorio, en comparación con el número anterior al traslado del club.

He visto crecer clubes de ciencia, pero también he sido testigo de la lenta desaparición de otros. Sin duda, los clubes de ciencia marcan pautas para la visión científica tecnológica de

un estado o país, y es nuestra responsabilidad como divulgadores buscar diferentes formas de acercar la ciencia a los niños, jóvenes y adultos, en pro de una mayor cultura científica. En mi opinión, los clubes funcionan, solo es cuestión de buscar la mejor forma de llevarlos a cabo.

Referencias

BLANCO López, Á.: “Relaciones entre la educación científica y la divulgación científica” en *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 2004, pp. 73 y 77.

CAPANNA, P.: *El sentido de la ciencia-ficción*, 1966.

SOSA Santillán: “Los clubes de ciencia: un escenario de educación no formal en expansión”, en *Enfoques. Revista de educación no formal*, 2010, p. 111.



FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS PARA LOS TALLERES

Edgar Arturo Ramos Rambaud
edgar@grupoquark.com

Responsable del programa permanente de formación
de divulgadores, Grupo Quark, Museo de Ciencias,
Universidad Autónoma de Zacatecas

Como miembro activo del Grupo Quark, uno de mis trabajos más importantes ha sido el de planear y llevar a cabo lo que ahora es el curso de capacitación, labor en la que ya llevo algunos años. Cuando me pidieron que ayudara con un capítulo para este libro, acepté inmediatamente. ¿El tema?, el curso de capacitación. Siguiéron varios intentos de empezar a escribir; sin embargo, en cada ocasión notaba que algo estaba mal; algo no cuadraba y lo escrito no me gustaba.

Con el tiempo descubrí cuál era el problema: describir el curso de capacitación que hemos desarrollado en Quark sería como dar instrucciones específicas para preparar mi receta favorita. Créanme, con el exacerbado gusto que tengo por el ajo, la cebolla, la pimienta y el hígado, probablemente a la mayoría no le gustaría.

Sucede que, así como mi paladar tiene gustos muy específicos, Quark tiene necesidades igualmente particulares, al igual que cualquier otra agrupación que requiera un proceso de preparación para sus nuevos miembros; por lo tanto, de poco les serviría conocer a detalle nuestros procesos.

De pronto, escribir el capítulo ya no fue tan sencillo. ¿De qué hablar? Luego de mucho pensar llegué a la respuesta: cursos de capacitación. Me explico. Esta vez no planeo dar una detallada descripción de cómo hacemos lo que hacemos, mejor intentaré describir los elementos que considero necesarios para poder diseñar un curso propio. La buena noticia es que, si estás leyendo esto, significa que esta vez sí logré terminar. Y antes de que lo digan, lo sé, algunas de estas cosas son obvias, pero si algo he aprendido es que ni siquiera lo más obvio es obvio para todos, y para los que sí, a veces es tan obvio que uno no se molesta en hablar de ello.

Una última cosa antes de comenzar. En este capítulo notarán que para crear un buen curso de capacitación es necesario primero llegar a cierto grado de orden y madurez en la agrupación; después de todo, primero hay que definir qué es lo que queremos que aprendan.

Objetivos

Un curso de capacitación es como dar instrucciones para llegar a un lugar lejano. No son las más detalladas, pero dan una idea general; entonces, para poder dar estas instrucciones, es necesario conocer el camino, y para conocer el camino, hay que saber cuál es la meta. Imaginémonos en medio de la nada. En una gigantesca explanada donde no hay caminos marcados o, si pensamos de manera positiva, donde hay un número ilimitado de caminos, ¿cuál se toma? De hecho, la respuesta a esta pregunta está relacionada con una más general y quizá más importante: ¿a dónde se quiere llegar? Como dije antes, parece obvio, pero saber esto es básico para comenzar cualquier empresa; de lo contrario, se corre el riesgo de deambular sin llegar a un lugar concreto.

En nuestro caso, ligeramente más particular, cuando se decide crear una agrupación dedicada a la divulgación científica, es importante saber qué es lo que se quiere hacer y cómo se piensa lograrlo. ¿Se va a dedicar a dar talleres o conferencias?, ¿escribirán textos o buscarán un espacio en la radio?, ¿tal vez en la televisión?, ¿todos los anteriores?, ¿va a ser un grupo pequeño o grande?, ¿cuál será el rango de edad de los integrantes? Y aquí sigue un largo etcétera.

Aunque esto no necesariamente será parte del curso de capacitación, hay que tenerlo en mente al momento de diseñarlo, ya que nos define hacia dónde queremos encaminar a nuestros integrantes.

Alineación. Los primeros pasos

Cuando una persona se integra a una agrupación, suele hacerlo para cumplir sus objetivos individuales; los cuales pueden ir desde simplemente pasar un rato de ocio hasta otros más serios, como el desarrollo personal o la preparación profesional.

Lo que se debe hacer es alinear estos objetivos individuales con los que se han definido para la agrupación; esto implica lograr que cada vez que uno de los miembros dé un paso para cumplir sus objetivos, se esté llevando también al grupo un paso más cerca de la meta establecida. Así logramos que “después de que el grupo tiene claro el objetivo de desempeño y hay un compromiso total, los integrantes busquen unos resultados compatibles” (Escobar, 2013). Con esto tendremos tanto el perfil de ingreso como el que queremos desarrollar en los integrantes y podremos comenzar a trabajar en su formación.

Identidad

Cumplidos los prerequisites, comencemos con los elementos de un buen curso de capacitación. Como se mencionó antes: cuando una persona se integra a una agrupación, suele hacerlo para cumplir uno o varios de sus objetivos; de hecho, un grupo se considera como tal cuando sus miembros comparten uno o más de estos objetivos, y se convierte en equipo cuando todos trabajan en conjunto para alcanzarlos.

Entonces, identificar los objetivos es clave para definir la identidad del grupo, ya que es lo que le dará cohesión e impulso. Cada una de las personas interesadas en unirse a la agrupación debe tener claro cuáles son estas características que se espera que tenga en común con sus compañeros, a fin de que pueda decidir oportunamente si está dispuesta o no a ser parte del equipo.

Una vez pasada esta etapa inicial de indecisión es necesario cumplir con la promesa que se ha hecho al nuevo integrante; esto quiere decir que la identidad que se tiene en el papel coincida con la identidad real de la agrupación. Entre la teoría y la práctica suele haber ciertas discrepancias. Cuando se está planeando la creación de un grupo, las imágenes mentales suelen ser más bien “rosas”, describiendo todo en términos ideales. Si bien se debe intentar llegar a esta imagen, no debemos ignorar las situaciones reales; al contrario, hay que tenerlas en cuenta para poder hacer los ajustes en ambos lados del espectro (real-ideal) y así llegar a una versión sólida y estable.

Pertenencia

Una vez definida la identidad, sigue trabajar en la integración. Por esto entendemos el establecimiento de lazos que propician

que el nuevo miembro se sienta parte del equipo de trabajo; en otras palabras, que sienta que pertenece a ese lugar.

Si se ha logrado seguir la teoría, este es el paso natural que sigue al establecimiento de la identidad, etapa en la que, de hecho, inicia este proceso. Los mecanismos para tener éxito en la tarea pueden ser muy variados pero, en general, podemos decir que, cualquiera que estos sean, deben estar encaminados a que los integrantes del grupo sientan que su trabajo es valioso y reconocido, que no están ahí solo ocupando un lugar; para decirlo de otro modo, deben estar convencidos de que el grupo es mejor por el hecho de que él esté ahí.

Apropiación

A la par de la pertenencia, se debe trabajar también en su contraparte, la apropiación. Así como con la pertenencia trata que el nuevo integrante sienta que es una parte valiosa del equipo, la apropiación significa que el nuevo integrante se dé cuenta de que el equipo le ayuda a cumplir sus objetivos y, por lo tanto, le es conveniente apropiarse de él.

La relación simbiótica —y, en teoría, natural— entre los objetivos del individuo y los de la agrupación se refleja en estos dos conceptos. Es importante que se trabaje en ambas de manera simultánea, ya que esto propicia una adhesión rápida y una cohesión eficiente al equipo.

Trabajo en Equipo

Este es quizá una de los objetivos más complicados de lograr. Un equipo eficiente debe ser capaz de dividir responsabilidades, asumir posibles fallos y, sobre todo, de adaptarse rápidamente a nuevas situaciones. Alcanzar un estado de verdadero

trabajo colaborativo no es tarea fácil; sin embargo, los puntos anteriores conforman una buena base para lograrlo.

¿Cómo saber si realmente se está trabajando en equipo? Bueno, es más fácil decir cuándo no se está trabajando en equipo. A continuación presento tres síntomas inconfundibles:

Si una persona hace todo el trabajo. Este caso habla por sí mismo: una persona no es un equipo. En ocasiones nos encontramos con individuos incapaces de delegar, lo cual lo lleva a sobrecargarse, demeritando la calidad y arriesgándose a comprometer la capacidad de terminar el trabajo en tiempo y forma.

Si más de una persona hace el mismo trabajo. Si se me permite la metáfora, un equipo es como un organismo conformado por sistemas —sub-equipos o comisiones— que a su vez están integrados por órganos —individuos—. Y así como, por ejemplo, los pulmones y el corazón desempeñan un papel en el sistema circulatorio, el pulmón no se ocupa de bombear la sangre, ni el corazón del intercambio de oxígeno y dióxido de carbono en ella. Así, el equipo eficiente debe dividir las tareas y confiar en que serán realizadas correctamente; por supuesto, el adecuado funcionamiento de todos los órganos es indispensable para que el organismo esté sano.

Si una persona corrige todo lo que hacen los demás. Todo equipo requiere un líder, eso es innegable. Pero si este líder pasa su tiempo corrigiendo y arreglando lo que hace su equipo de trabajo, entonces no está desempeñando su trabajo eficientemente. Su responsabilidad consiste en supervisar y guiar; es decir, la revisión del trabajo queda, efectivamente, dentro

de sus funciones, no así la corrección del mismo. Un buen líder debe señalar el error y, de ser necesario, ayudar a su subalterno a desarrollar las habilidades necesarias no solo para repararlo, sino para no cometerlo otra vez.

Dicho esto, podemos resumir que una característica indispensable para el trabajo en equipo es la confianza, confianza en que tus compañeros tienen la capacidad para completar su parte del trabajo, y confianza en que tus subalternos cumplirán con las expectativas.

Hernández y Avello (1998) señalan otros síntomas de un mal trabajo en equipo:

- Intentar dominar a los demás;
- No aceptar críticas, responder en exceso;
- Impedir que los demás manifiesten sus opiniones;
- No apearnos de nuestros prejuicios, y
- Ser pesimistas ante cualquier propuesta.

Metodología

Llegamos a lo que parecería la parte medular de cualquier curso de capacitación (aunque ya hemos visto que hay algunas otras de igual importancia). Hasta aquí, nos hemos preocupado de los objetivos que se deberían cumplir, y en los que se debe trabajar de forma implícita, pero ahora toca abordar un aspecto más práctico.

No hay duda de que para realizar un trabajo de calidad, sea cual sea, se requiere un método, esto es, una forma específica de ejecutar cada actividad que lo compone. Desde un inicio, debe quedar claro lo que podríamos llamar las reglas del juego

o las directrices que guiarán las actividades. Cabe mencionar que esto va más allá de posibles normas de conducta, cubriendo una gama más amplia de aspectos.

En primer término, se deberán identificar y clasificar las actividades a ejecutar. En general, existen dos grandes categorías en las que se pueden dividir: administrativas y operativas. La primera concierne al funcionamiento interno del grupo y, aunque posiblemente invisible para los agentes externos, no debe ser dejada de lado. La segunda categoría corresponde a las funciones propias de la agrupación ante los entes externos. En cualquier caso, las tareas deberán ser detalladas tan minuciosamente como sea posible a fin de que las responsabilidades y objetivos particulares de cada una queden bien definidos.

Cuando un grupo es nuevo, estas actividades (independientemente de su categorización) suelen ser genéricas; sin embargo, con el paso del tiempo se comienzan a hacer adecuaciones, personalizando el trabajo de la agrupación, imprimiendo en estas la identidad de la misma. Este proceso evolutivo es un factor que se debe fomentar desde el inicio ya que de él depende, en gran medida, la consolidación. La importancia de este proceso radica en que permite la adaptación a los contextos interno y externo específicos en los que habita el grupo.

Nótese que el concepto utilizado es evolución, pues sería un grave error el considerar algún día que se ha llegado a una versión final de cualquiera de estas actividades. El rechazo al cambio, si se diera, llevaría a un estancamiento de la agrupación y la pondría en riesgo de quedar fuera del contexto social, haciéndola obsoleta y —probablemente— inútil.

Volviendo al curso de capacitación, este deberá abordar las actividades administrativas por lo menos de manera general, a

fin de que los nuevos integrantes tengan una noción del funcionamiento interno y de cómo llevar a cabo algún proceso que les pueda interesar. Las actividades operativas, por otro lado, deberán ser revisadas a detalle ya que, en teoría, serán las que estarán ejecutando día a día desde el comienzo.

En el caso particular de un grupo de divulgación científica, hay ciertas cosas que no pueden ser omitidas; me refiero específicamente al correcto manejo —si no dominio— de conceptos teóricos científicos. Una de las principales y más importantes responsabilidades que tiene cualquier divulgador es la de explicar de manera fidedigna los fenómenos científicos que aborde, lo que implica una exhaustiva preparación previa.

Finalmente, es importante que todos los integrantes de la agrupación se comprometan con su proceso evolutivo. Todos deben entender que no es necesario ser un veterano para proponer una idea nueva. Los miembros de reciente ingreso no deben dudar en sugerir un cambio, y los responsables de la administración deben estar dispuestos a recibir estas sugerencias en los mejores términos, dándoles el seguimiento que merezcan.

Es necesario fomentar “un ambiente de trabajo armónico, permitiendo y promoviendo la participación de los integrantes de los equipos, de tal manera que se aproveche el desacuerdo para buscar una mejora en el desempeño, como también lograr que cada integrante sienta la suficiente confianza para compartir sus ideas y a la vez logre sentir que estas son siempre bienvenidas” (Escobar, 2013).

Siembra hoy, cosecha mañana

Para terminar, quisiera señalar dos cosas que, aunque probablemente ya las hayan pensado, no quisiera dejar tras el velo de la obviedad:

Primero, que la responsabilidad de un curso de capacitación es muy grande. Su objetivo va más allá de describir cómo hacer las cosas; el fin último de un proceso de esta naturaleza es propiciar que la agrupación trabaje en equipo, con todo lo que esto implica.

Segundo, que es imposible que en el lapso que dura un curso de capacitación —cualquiera que sea su duración— se logren plenamente los objetivos que se plantean.

Paradójico, lo sé, pero consideremos que un verdadero trabajo en equipo es responsabilidad de todos, no solo del equipo de capacitación, mucho menos de los nuevos integrantes; sin embargo este momento es el ideal para implantar las semillas de lo que queremos cosechar. Tocaré después al colectivo brindar los cuidados necesarios para garantizar su sano crecimiento y así disfrutar todos de los frutos.

Referencias

ESCOBAR Castillo, P. N.: *Trabajo en equipo*, 2013.

HERNÁNDEZ, J., y E. Avello: *Trabajo en Equipo. Capacitación de Agentes de Desarrollo Comunitario*, módulo 10, 1998.

LA EVALUACIÓN DE LOS TALLERES DE CIENCIA

Luis Meza Arcos
lmeza@universum.unam.mx

Dirección General de Divulgación de la Ciencia UNAM
Museo de las Ciencias Universum

La evaluación no consiste en otra cosa que en la reflexión valorativa y sistemática acerca del desarrollo y el resultado de acciones emprendidas. Por su propia naturaleza, constituye un momento insoslayable de cualquier actividad educativa y, de una u otra forma, ha estado siempre presente en el proceso de desarrollo de los sistemas educativos contemporáneos, formales y no formales

Pese a que esta observación es general, se ha convertido en un instrumento fundamental para la conducción de los sistemas de educación y formación. El propio uso del término “conducción” implica la necesidad de establecer mecanismos de orientación que permitan conocer el terreno por el que se transita y que ayuden a decidir la dirección a seguir con la mayor seguridad posible. Esa es precisamente la función que desempeña la evaluación. Desde ese punto de vista, contribuye decididamente a la mejora de la calidad de la enseñanza formal y no formal al permitir un conocimiento más riguroso y objetivo del sistema educativo y al facilitar así la toma de decisiones sobre bases sólidas.

Más allá, y por encima de esa función de apoyo a la toma de decisiones, la evaluación constituye un elemento fundamental

para obtener y difundir información clara, objetiva y fiable acerca del estado de la educación no formal y de sus componentes. Las expectativas creadas y el interés demostrado por los diversos grupos sociales, familias e individuos en lo que se refiere a la calidad del funcionamiento y de los resultados de otros sistemas educativos distintos del escolarizado, requiere información que justamente proporciona la evaluación.

Si se entiende la evaluación como una simple comprobación de los conocimientos adquiridos, se está reduciendo la ambición del proceso. La evaluación puede tener, pues, diversas funciones, a saber:

- Formativa para el aprovechamiento;
- Sumativa para la selección, la certificación y la responsabilidad social;
- Psicológica para buscar la motivación e incrementar el conocimiento, y
- Administrativa para optimizar el proceso.

Por tanto, se evalúa al público participante en los talleres para tener información sobre su aprendizaje; se evalúa al tallerista, para que conozca los resultados de su acción, y se evalúa el sistema de planeación de la enseñanza no formal —en este caso de los talleres— para optimizar sus metas. Estas evaluaciones son realizadas por todo el equipo relacionado con los talleres, es decir, el coordinador, el investigador educativo, el diseñador y el propio tallerista, sobre el que recae gran parte de la labor de recabado de información.

La evaluación representa, cuando menos, una doble aportación a la calidad de las actividades en los ámbitos

educativos. Por una parte, es una función que ofrece a los responsables la información (los datos en que se deben basar las decisiones de mejora); por otra, implica una determinada filosofía (una concreta actitud tanto en los talleristas y coordinadores como en el público asistente), esencial para el perfeccionamiento profesional en los talleristas y educativo en los participantes.

La evaluación en el marco educativo es siempre una función instrumental que, en consecuencia, está al servicio de las metas educativas. Su verdadera aportación es la de favorecer y facilitar las decisiones que conducen al logro de los objetivos propuestos, en lo que se refiere tanto a la planificación, selección de medios, asignación de recursos, elección de metodologías, organización del personal, como al desarrollo del propio taller.

La clave de la eficiencia reside en la disponibilidad de información precisa; en este sentido, parece adecuado hacer de la actividad profesional un objeto de evaluación, sobre todo en la medida en que esta función sea entendida como la recolección sistemática de información rigurosa que, una vez valorada a la luz de criterios y de referencias relevantes, permite la toma de decisiones para el mejoramiento.

La evaluación educativa ha sido un fenómeno habitualmente circunscrito al aula, referido a los alumnos y limitado al control de los conocimientos adquiridos a través de pruebas de diverso tipo, pero se hace indispensable en el ámbito de la educación no formal y en especial en los talleres de ciencias, si se quiere que estos posean un valor educativo aunque sin perder su atractivo lúdico libre y novedoso.

Fases de la evaluación

La evaluación educativa en los talleres de ciencia es una actividad sistemática y, como tal, debe ser sometida a una planificación previa y a un cierto control en su ejecución. Las fases y componentes principales son:

Fase de planificación

Constituye la primera fase del proceso de la evaluación, y su producto final se materializa en el “Plan de Evaluación”, el cual permite articular todos los factores que intervienen en el proceso de evaluación con la finalidad de garantizar la veracidad y rigor de los datos, así como la validez y eficacia de las conclusiones. En un “Plan de Evaluación” hay que contemplar, al menos, los siguientes puntos:

- Descripción clara del problema o factor desencadenante del estudio de evaluación;
- Definición del ámbito y finalidad del estudio;
- Elección del enfoque metodológico apropiado: cuantitativo y cualitativo;
- Especificación, si procede, de los indicadores de calidad y preparación de los procedimientos y/o instrumentos de recolección de datos;
- Determinación de los procedimientos de análisis e interpretación de los datos;
- Previsión de mecanismos de discusión y elaboración de conclusiones;
- Asignación de responsabilidades a los participantes;
- Temporalización de las diferentes fases y actuaciones, y
- Presupuesto económico.

Fase de ejecución

El objetivo principal de esta fase es recoger la información necesaria sobre la que se sustentarán los juicios de valor consiguientes; es el eje esencial de todo estudio de evaluación: del mayor o menor rigor con que se ejecuten todos sus pasos dependerá la factibilidad y veracidad de la información y, consecuentemente, la validez de las conclusiones.

Fase de elaboración y publicación de las conclusiones

Es el último momento del proceso de evaluación, en el que tiene lugar la formulación del juicio o juicios de valor sobre el objeto de la evaluación.

La naturaleza y extensión de las conclusiones que constituyen el contenido del informe final de evaluación variará en función del alcance y finalidad del estudio, así como de las audiencias a las que va destinado. En general, se estima que deben ser suficientemente fundamentadas y expuestas en lenguaje inteligible; de esta manera, se facilitará la tarea de formular las medidas correctoras oportunas por parte del órgano competente.

Procedimientos de evaluación

La evaluación educativa dispone de un número importante de procedimientos metodológicos para llevarla a cabo; simplificando mucho, podemos dividir estos en dos grandes categorías:

Enfoque cuantitativo

Son todos los procedimientos que requieran de la medición y cuantificación de los fenómenos educativos; estos enfoques han sido muy criticados porque su afán es identificar

relaciones de causa–efecto entre variables independientes (tratamientos) y dependientes (resultados) y considerarlas universalmente generalizables. Las críticas se centran en los siguientes argumentos:

- Las relaciones entre variables educativas no son simples y lineales relaciones causa–efecto.
- Limitar la evaluación a un escaso número de variables y reducir estas a una simple expansión cuantitativa equivale a ofrecer una visión simplista y superficial, cuando no sesgada, del fenómeno educativo.

Enfoque cualitativo

Los defensores del enfoque cualitativo consideran cada fenómeno educativo como algo único, condicionado por las circunstancias peculiares del contexto donde se produce, lo que dificulta la posible generalización de sus resultados; por lo tanto, proponen la práctica de la evaluación de los fenómenos educativos en sus contextos naturales y la utilización de procedimientos e instrumentos que permitan captarlos en su integridad.

Los defensores del enfoque cualitativo, en lugar de aislar variables y efectuar mediciones en un momento dado, proponen observar los fenómenos educativos en su complejidad, siguiéndolos a medida que se van produciendo y describiendo sus manifestaciones con el mayor de los detalles. No rechazan la utilización de datos cuantitativos, pero consideran que cualquier fenómeno educativo no se puede reducir a una simple medición, por lo que la explicación de los fenómenos y procesos a valorar es necesaria e imprescindible.

La metodología de evaluación que se lleva a cabo en el ámbito de la educación no formal considera las dos posturas —la cualitativa y la cuantitativa—, ambas inmersas en los lineamientos de la investigación educativa; asimismo, toma en cuenta todos los componentes del sistema, es decir, a los talleristas y al público.

Dentro de la evaluación cuantitativa, se utiliza la medición de los resultados de aprendizaje mediante pruebas escritas o entrevistas y se hace una comparación de los mismos antes y después de la aplicación del taller; los datos obtenidos se someten a exámenes estadísticos que dependen de las metas a evaluar, de las características del taller y de las poblaciones en las que se incide (grupos escolares, adultos, grupos de niños de edades diversas, etcétera).

La evaluación cualitativa se utiliza particularmente para valorar a los participantes en los talleres y, en ella, la observación del grupo juega un papel preponderante. Como su principal ejecutor suele ser el tallerista, este aspecto de la evaluación se explica con más detalle en el siguiente apartado, que se refiere a la evaluación del público participante.

Evaluación del público participante

Dentro del abanico de técnicas de evaluación disponibles, es la observación la que —sin duda alguna— se adapta mejor a las condiciones de la educación no formal (el juego como principal actividad formativa, la necesidad de no “artificializar” la situación a evaluar, el carácter individualizado de las consideraciones, el sentido analítico de la información de manera que se potencie su uso formativo, etcétera).

La observación en los talleres nos ofrece una ventaja inicial: el observador puede contemplar sin prisas ni formulismos, y durante todo el tiempo que precise, una situación que se produce de

manera natural y espontánea (tiene incondicionalmente a su disposición a los sujetos, y si es el tallerista el que observa, todavía más).

A la hora de desarrollar la observación tendremos que dar respuesta a varias cuestiones previstas: qué observar, qué tipo de instrumentos son los más adecuados, qué tipo de secuencia u organización de los datos podremos utilizar, qué tipo de registro de los datos será más conveniente, etcétera. A continuación se detallan esas cuestiones.

Estrategias de observación

Cabe plantear la primera gran división de estrategias de observación para distinguir entre observaciones ocasionales y observaciones sistemáticas.

Observaciones ocasionales

Se refieren a anotaciones que podemos hacer sobre eventos puntuales que suceden inesperadamente y que se recogen como hechos sueltos; se orientan a hechos que nos parecen significativos y que pueden ayudarnos a entender muchas de las conductas de los participantes o de la dinámica de la situación. Por ejemplo, si un día un niño se pone a llorar, o si en otra ocasión otro niño sorprende a todos con una intervención estupenda, o si un niño ha llegado contando que en su casa ha ocurrido algún hecho sobresaliente y él se ha convertido en el eje motor de las actividades de ese día en el taller, etcétera.

En definitiva, se trata de hechos sueltos pero “con sentido” desde la perspectiva del mejor conocimiento de algún participante o de una situación más amplia; a final de cuentas, ese es el último término el objetivo de la evaluación: ayudarnos a conocer mejor al público y el desarrollo del taller.

Observaciones sistemáticas

Las observaciones sistemáticas cumplen un papel distinto: recogen una secuencia de hechos relacionados entre sí. En este caso, la información a recolectar desborda los hechos puntuales o episódicos y abarca toda una dimensión; por ejemplo, si estamos preocupados por el nivel de agresividad con que se comportan los niños en cierto taller y decidimos observar durante la próxima quincena todas las conductas agresivas que se vayan produciendo, anotando qué tipo de conductas son, en qué momentos se producen, entre qué niños y a causa de qué. O bien observaciones de todo un periodo.

Pensemos en otro ejemplo: se ha abierto un nuevo taller y nos interesa saber cómo va siendo aceptado. Entonces, centramos nuestra observación sobre ese taller y vamos tomando nota de los distintos avatares por los que va pasando al ser trabajado con niños de diferentes edades.

Vemos, entonces, que la observación sistemática se refiere a un conjunto de hechos–conductas/ situaciones que se relacionan entre sí. Hablamos también de sistemática para referirnos a un desarrollo más elaborado de la observación, bien porque se haya planificado muy detenidamente, bien porque se utilicen en ella instrumentos bastante elaborados a nivel técnico, bien porque la observación se desarrolle en situaciones controladas. Bassedas y otros (1994) señalan al respecto:

La sistematicidad de las observaciones implica, por lo menos, tres aspectos: delimitar con el máximo de precisión posible los comportamientos a observar, organizar las situaciones de observación en clase que han de permitir observar dichos comportamientos, y elaborar un sistema

de registro de las observaciones que haga posible seguir la evolución de los alumnos en las distintas áreas del aprendizaje (Bassedas, 1994).

El muestreo

Otro aspecto relevante desde el punto de vista metodológico es el del muestreo de las conductas o aspectos a observar. Ballesteros (1970, citado por Zabalza, 1987) distingue entre “conductas muestra” y “conductas signo”. La característica principal de las conductas muestra es que son representativas del conjunto de las conductas; por su parte, la conducta signo posee la característica de ser en sí misma relevante aunque no sea usual (por lo llamativo, por la significación que tiene, por las consecuencias que se derivan de ella, etcétera).

Si nos centramos en las conductas muestra, obtendremos el “patrón compartamental” de un sujeto o de un grupo (sus formas habituales de manejarse, las redundancias relacionales u operativas); por el contrario, si nos centramos en la conducta signo, obtendremos lo significativo de un sujeto o grupo, aquello que llama la atención en él aunque se trate de comportamientos aislados o que solo se produzcan de vez en cuando. Ambas estrategias observacionales son, desde luego, importantes de cara a conocer mejor a los públicos así como la marcha general del taller. En el primer caso (muestra), las conductas se valoran con base en su frecuencia; en el segundo (signo), con base en su significación y potencial interpretativo (las pistas que nos dan para poder “entender” mejor una situación o a un público).

La principal aportación del *muestreo* es que nos permite—exige combinar situaciones y rasgos a observar de manera que al final tengamos *una visión completa* de cómo es el público o la situación

observada; con este proceso, se evita el riesgo de sobrevalorar una determinada conducta o aspecto, por llamativo que sea. El manejo del muestreo implica que, en la observación de datos, se haga la recolección tanto de situaciones espontáneas (cómo llega el público al taller, por ejemplo) como de situaciones controladas (si hay interés desde el principio, si todos entienden las instrucciones, si todos terminan al mismo tiempo). Por otro lado, las muestras pueden construirse sobre la base de diversos criterios.

Wright (1960) señala dos tipos preferentes de muestreo en la observación de niños: el muestreo de tiempo (*time sampling*), en el que se recogen las conductas producidas en una determinada unidad de tiempo, y el muestreo de acontecimientos (*event sampling*), en el que se recogen aspectos previamente seleccionados. A estos dos tipos de muestreo podríamos añadir un tercero: el muestreo de sujeto-s, en el que se recogen los datos referidos a un sujeto concreto o a un grupo de participantes.

Técnicas de observación

Una tercera cuestión que se nos plantea en la observación es la que se refiere a la *técnica de observación* a utilizar. Una de las características de la observación como instrumento de evaluación es que nos ofrece un amplio abanico de técnicas diferentes a las que podemos acudir en función de cuál sea el aspecto a observar, el propósito de la observación o las condiciones en que vayamos a realizarla. Entre las principales técnicas de observación podemos seleccionar las siguientes:

Anecdóticos

Pueden ser tanto puntuales (recoger una anécdota suelta que contiene una sola unidad de conducta significativa, algo

aislado que nos llama la atención o que nos parece interesante anotar porque puede ayudarnos a entender mejor a un niño o una situación) como consecuenciales (en el sentido de una “ficha de observación longitudinal”, esto es, se van recogiendo anécdotas monográficas o referidas siempre a un sujeto al que se “sigue”). En ambos casos, se trata de recoger incidentes y conductas significativas que revelan, matizan o esclarecen algo de la personalidad y el comportamiento de los públicos, o la dinámica de las situaciones que se producen en los talleres.

A nivel técnico, los anecdotarios han de ser lo más descriptivos y objetivos que sea posible en la recolección de los hechos. Esto se propone así no porque que dejen de ser valiosas la interpretación del hecho en sí, o las anotaciones que pueda hacer el observador sobre el hecho recogido (por qué ha ocurrido, cómo se puede valorar, qué relación guarda con otras conductas, etcétera), sino porque tales atribuciones han de venir diferenciadas de lo que es la descripción del hecho en sí mismo, de manera que no se contamine la naturaleza objetiva del mismo. En el mismo sentido, se ha de señalar que toda valoración y/o interpretación que añadamos a la descripción escueta del hecho es siempre provisional y funciona como si se tratara de hipótesis que precisan ser comprobadas a través de otras anécdotas convergentes (relacionadas con la misma cuestión) o a través de otras fuentes o técnicas de observación.

Listas de control

Son unos elencos o listas de rasgos cuya presencia o ausencia en el público o en el grupo tratamos de constatar. A través de la lista de control no se hace un juicio de valor ni sobre los rasgos —aunque, ciertamente, detrás de cada listado hay una teoría

psicológica o pedagógica que “soporta” la elección de esos rasgos específicos y su taxonomización, si la hubiera— ni sobre la posición de los sujetos en cuanto al grado en que poseen o carecen de tales rasgos; simplemente, se comprueba si se dan o no en las actuaciones o forma de ser del sujeto o grupo observado.

Los rasgos o indicadores pueden ser más o menos inferenciales: desde conductas concretas (peleas, movimientos, actividades que realiza, habilidades específicas, etcétera) hasta categorías más borrosas pero clarificadoras en lo que se refiere al ámbito de desarrollo que se desea observar (miedos, excitabilidad, conductas descontroladas, cooperatividad, celos, fantasías, imaginación creadora, divergencia, nivel de iniciativa, etcétera). Tal como ya hemos señalado en otro punto, tales rasgos han de ser observados en diversos momentos o contextos de la actuación del sujeto (en actividades individuales y grupales, en actuaciones “intelectuales” y “expresivas”, etcétera). La diversidad de campos observados ha de alcanzar, especialmente para el caso de los niños, todas aquellas áreas del desarrollo infantil cuya evaluación se desea.

La observación a través de la lista de control así realizada nos dará información sobre qué tipo de aspectos pueden darse por presentes (y logrados), y cuáles otros exigen mantener la persistencia en el trabajo formativo del taller para alcanzarlos; en su caso, nos exigirá plantearnos qué tipo de modificaciones sería bueno introducir en la estrategia formativa seguida hasta ese momento.

Escalas de valoración

Constituyen una técnica de observación que incluye un juicio de valor expreso (estimativo o numérico) sobre las conductas evaluadas. Son similares —en su estructura básica— a las listas

de control, aunque pueden presentar modalidades particulares, como el “diferencial semántico” o las “escalas de actitudes”. En este caso no solo se comprueba la presencia o ausencia de los rasgos de la lista, sino que se valora el grado en que el sujeto los posee o carece de ellos. Por ejemplo, no solo se constata si un niño desarrolla conductas agresivas o no —como en la lista de control— sino que se señala, o bien su frecuencia: “muchas veces”, “a veces”, “pocas veces”, “nunca”), o bien su calidad (señalando diversos grados de agresividad posible), o bien su grado (valorándolas entre 1 y 5). Este es, quizá, el instrumento de observación infantil más utilizado: se presenta una lista de características generales o específicas al evaluador para que valore al niño respecto de cada una de ellas.

Un ejemplo clásico de escala de valoración para la etapa infantil es la escala “This is Believe” de Harvey (citado por Harvey, 1986); en ella se plantean 26 rasgos para que el profesor de educación infantil valore de 0 a 6 puntos a los niños de su clase. En la escala se recogen aspectos tales como “cordialidad”, “agudeza”, “flexibilidad”, “tranquilidad”, “implicación”, “ingeniosidad”, “uniformidad/diversidad”, “estructuración”, “castigo”, “ansiedad”, etcétera.

Mapas descriptivos

En función de lo que quiera observarse, a veces las técnicas señaladas resultan insuficientes —porque no recogen la secuencia de los hechos, porque no captan los antecedentes y consecuencias de los mismos, porque no señalan la dimensión especial de los hechos o porque no recogen la dinámica interactiva en que se producen—; pues bien, cuando tales aspectos parezcan convenientes como variables a observar se precisará trabajar

sobre instrumentos descriptivos de tipo gráfico, por ejemplo, los que Thomas (en Trueba, 1989) denomina “registro sobre diagrama”: sobre un sucinto plano de clase o del espacio del taller se van señalando los eventos que protagoniza el sujeto observado, los movimientos que realiza, en qué lugar comienza y en cuál acaba cada episodio. Todo eso se describe sucintamente al pie del plano, de manera que se logre una clara percepción espacio-temporal y dinámico-secuencial de los episodios comportamentales observados. A ello podemos añadir un *análisis* de contenido de las acciones observadas (se levanta, charla, se sienta, participa, observa); también se registran los modos de participación, los sujetos con los que interactúa, etcétera.

Relatos

Los relatos abren una nueva perspectiva de observación, menos analítica y precisa, pero más comprensiva y empática que los sistemas de categorías e indicadores. Una vez acabada la situación a observar —y en la que probablemente él mismo ha participado—, el observador, que probablemente habrá utilizado además otros sistemas de observación, hace un relato de lo sucedido, destacando lo que le ha parecido más llamativo del episodio observado y la forma en que este se ha desarrollado, y señala los puntos que a su parecer convendría seguir observando en función de alguna hipótesis explicativa o interpretativa.

Cuando se trata de abordar aspectos tan genéricos y poco operativizables como los que nos suele interesar observar en un taller (expresividad, satisfacción, implicación en las tareas, autonomía, sensibilidad, etcétera), este puede ser un buen sistema de trabajo evaluativo. El riesgo de la subjetividad, que ciertamente se corre, de la fugacidad de las impresiones, del “efecto halo”, etcétera,

puede ser neutralizado, en parte, a través del control y el contraste con otros mecanismos de observación: triangulación de las observaciones entre distintos observadores, ampliación del número de observaciones y observadores, comprobación de la validez de las anotaciones a través del contraste entre relatos y grabaciones, o entre relatos y otras técnicas de observación, etcétera.

Evaluación de las metas de los talleres

Otra cuestión técnica a resolver es la que se refiere a los contenidos a observar–evaluar; en lo que se refiere a los aspectos concretos a destacar del universo de datos que nos ofrecen las diversas situaciones en los talleres (esto es, en *qué cosas fijarse*) hemos de recurrir necesariamente a las diversas dimensiones y prioridades que configuran nuestro particular proyecto (centraremos la observación en aquellos aspectos que constituyan los ejes básicos de nuestro modelo educativo). En el fondo, se trata de saber qué tal van las cosas, si realmente estamos avanzando en la dirección marcada por nuestras ideas sobre lo que es y lo que debe conseguir la educación no formal, y un taller en particular.

En dicho proyecto, figurarán los aspectos o niveles de desarrollo en los que hayamos centrado el trabajo durante el periodo que deseamos evaluar; esos son, exactamente, los contenidos a evaluar. Por tanto, los coordinadores y talleristas deberán dirigir sus esfuerzos de evaluación a tratar de responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué tan bien se diseñó el taller como una experiencia de aprendizaje para el grupo?
- ¿Qué impacto tuvo el taller en el comportamiento y aprendizaje de los participantes?

Para tratar de responder estas preguntas, son de gran importancia tanto la opinión del tallerista como la de su coordinador. Existen varias formas de enfocar este tipo de evaluaciones, normalmente se hace a través de cuestionarios como los que se presentan a continuación. Tómese en cuenta que este tipo de instrumentos se pueden aplicar también a los participantes del taller, en especial a los adultos.

Evaluación de un taller (sesión)
Por favor, evalúe la calidad de la(s) sesión(es), indicando su grado de acuerdo o desacuerdo con los siguientes puntos:
1. La información estuvo bien organizada y presentada. en total acuerdo de acuerdo ni en acuerdo ni en desacuerdo en desacuerdo en total desacuerdo
2. Las ideas y técnicas presentadas fueron útiles y aplicables. en total acuerdo de acuerdo ni en acuerdo ni en desacuerdo en desacuerdo en total desacuerdo

<p>3. Hubo muchas oportunidades para hacer preguntas, participar y aplicar conceptos.</p> <p>en total acuerdo</p> <p>de acuerdo</p> <p>ni en acuerdo ni en desacuerdo</p> <p>en desacuerdo</p> <p>en total desacuerdo</p>
<p>4. Los participantes fueron motivados a compartir sus ideas y aprender uno de otro.</p> <p>en total acuerdo</p> <p>de acuerdo</p> <p>ni en acuerdo ni en desacuerdo</p> <p>en desacuerdo</p> <p>en total desacuerdo</p>
<p>Comentarios:</p>

Tabla 1. Ejemplo de evaluación de los participantes en un taller.

Otras observaciones que pueden emplearse son:

absolutamente sí	en total desacuerdo
casi sí	excelente
neutral /no decidido	muy bien
casi no	bien
absolutamente no	regular
en total acuerdo	mal
de acuerdo	mucho
ni en acuerdo ni en desacuerdo	hasta cierto punto
en desacuerdo	no

La autoevaluación de ciertos aspectos antes y después del taller es otra técnica que permite captar las percepciones de los talleristas. A continuación se presenta un ejemplo de un cuestionario de autoanálisis centrado en el manejo de los objetivos de los temas de los talleres.

Nombre _____
Escuela _____
Nivel o grado _____

Evaluación del logro del objetivo de un taller

Dar una clasificación de 1 a 10, usando la siguiente escala:

10. El objetivo se alcanza para todos los niños diariamente.
9. El objetivo se alcanza para casi todos los niños frecuentemente.
8. El objetivo se alcanza para casi todos los niños a menudo, pero no regularmente.
7. El objetivo se alcanza para casi todos los niños ocasionalmente.
6. El objetivo se alcanza para algunos niños a menudo, pero no regularmente.
5. El objetivo se alcanza para algunos niños ocasionalmente.
4. El objetivo se alcanza solo para pocos niños a menudo, pero no regularmente.
3. El objetivo se alcanza solo para pocos niños ocasionalmente.
2. Trato pero no logro alcanzar este objetivo.
1. No trato de alcanzar este objetivo en mi taller (no hay tiempo, apoyo, etcétera).
- X. No estoy de acuerdo con este objetivo.

Evaluación del desarrollo de un taller			
Objetivos a evaluar	Al inicio del taller	Al final del taller	Cambio observado
Los niños utilizan el material creativamente			
Los niños trabajan independientemente			
Los niños se responsabilizan del material			
Los niños se responsabilizan de su aprendizaje			
Los niños incorporan su habilidad para las matemáticas y la lectura en sus actividades			
Los niños desarrollan habilidades sociales y de comunicación			
Los niños se involucran en actividades que significan un reto para ellos; hay muchos problemas por resolver			

Evaluación del diseño y la eficacia de los talleres

La evaluación por parte de los talleristas no solo implica calificar al público, o el desarrollo de la sesión; su opinión es también muy importante cuando se refiere al diseño y eficiencia del taller, lo cual se puede discutir grupalmente con su coordinador planteando preguntas como las siguientes:

Diseño del Taller

- ¿Tuvo una percepción adecuada de lo que el diseñador quería obtener del taller?
- ¿Hubo medios adecuados para evaluar las necesidades para abordar al grupo?
- ¿Fueron efectivas las técnicas y actividades para manejar al grupo?
- ¿Existieron oportunidades satisfactorias para participar en el establecimiento de los objetivos de aprendizaje?
- ¿Estuvieron claros los objetivos del taller desde el principio?
- ¿Estuvo bien planeada y organizada la información?
- ¿Fue lógica la secuencia de la información?
- ¿Obtuvo respuestas satisfactorias a sus preguntas por parte de los participantes?
- ¿Fueron útiles los materiales (impresos y audiovisuales)?
¿Fue apropiada la selección de materiales?
- ¿Fue efectiva la discusión?
- ¿Hubo oportunidades suficientes para que compartiera sus ideas o sus comentarios?
- ¿Hubo oportunidades para que usted aprendiera de las ideas de otros?
- ¿Hubo suficientes oportunidades para que aplicara los conceptos aprendidos en la capacitación?

- ¿Cambió su perspectiva como resultado de este taller?
- ¿Se introdujeron técnicas, materiales o actividades adecuados a los participantes?
- ¿Da este taller la información “digerida” o permite “aprender por sí mismo”?
- ¿Siente que en el taller se quiso lograr más de lo que podría?
- ¿Siente que en el taller se hizo demasiado poco?
- ¿Las ideas presentadas fueron útiles e interesantes?
- ¿Hubo suficientes oportunidades para hacer preguntas?
- ¿Hubo niveles variados de experiencia de los participantes? Si los hubo, ¿se tomaron en cuenta?
- ¿La secuencia de las actividades del taller ayudó a los participantes a entender y generalizar las ideas presentadas?
- ¿Los periodos de tiempo estuvieron bien seleccionados? ¿Hubo tiempo perdido? ¿Le faltó tiempo?
- ¿Fueron útiles y relevantes las ideas, los conceptos y las técnicas presentadas a los participantes?

La Evaluación de los talleristas

Evaluar el desempeño de los talleristas es tarea difícil. Una forma de hacerlo es mediante listas de verificación, observación de grabaciones y otros instrumentos de pre- y postevaluación de comportamientos; sin embargo, estas técnicas e instrumentos pueden no ser administrados formalmente; de hecho, como se dijo con anterioridad, pueden considerarse actividades adicionales mediante las cuales los talleristas analizan sus estilos de abordar al público y sus propios procesos de toma de decisiones. Pueden autoevaluarse usando listas de verificación, guías de observación, etcétera.

El coordinador o supervisor debe evitar siempre presentarse como juez o evaluador de los talleristas; al contrario, el papel del líder es ayudarlos a utilizar las ideas del taller como herramientas para la solución de problemas. En este sentido, no hay talleristas buenos o malos, solo guías que confrontan una gran variedad de públicos en una gran variedad de situaciones. La evaluación debe convertirse en un proceso que los talleristas perciban como algo positivo. Si la evaluación se hace de manera secreta (a escondidas), como una manera de calificar a los talleristas, o los coloca en una situación competitiva, estos no se sentirán con la confianza adecuada para tratar nuevas ideas, probar estrategias diferentes, ni para cometer errores y aprender de ellos. Los talleristas deben estar involucrados en la planeación del cómo y cuándo se realiza la evaluación, y debe proporcionárseles todos los resultados, los datos, la información y las conclusiones.

La evaluación también es un proceso útil para el coordinador, pues le proporciona retroalimentación acerca del éxito de los procesos y las técnicas de capacitación, al tiempo que resalta situaciones que ayuden al capacitador a ayudar a los talleristas a ayudar a los participantes.

Si se utilizan apropiadamente, los procedimientos de evaluación serán valorados por los talleristas como retroalimentación útil, y no como pruebas amenazantes. El capacitador o líder no será visto como un juez, jurado o ejecutor, sino como un colega cuyo papel es ayudarlos en el difícil proceso de la planeación y la evaluación de sus talleres de ciencia. La lista que sigue ofrece algunos ejemplos de puntos para evaluar al tallerista:

- Habilidad para obtener la atención del grupo;
- Habilidad para concretar ideas y resumir;
- Habilidad para desarrollar el taller de forma que se alcancen los objetivos;
- Preparación;
- Sinceridad;
- Tono de voz;
- Humor;
- Credibilidad;
- Vocabulario, y
- Comportamiento (relajado, tenso, etcétera).

Por último, cabe mencionar que la evaluación es ilimitada y que puede extenderse a la capacitación de los talleristas, a todas las combinaciones de los eventos y los participantes de uno o varios talleres. Lo importante es diseñar una evaluación acorde con las necesidades particulares de todos aquellos que intervienen en la planeación de talleres de ciencia.

Referencias

- AUSUBEL, David Paul: *Psicología educativa. Un punto de vista cognitivo*, México, Trillas, 1978.
- BARBERÁ, O. y P. Valdés: “El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión”, *Enseñanza de las ciencias*, vol. 14, núm. 3, 1966, pp. 365–379.
- BASSEDAS, E.: “Evaluación y seguimiento” en *Pautas de observación*, Madrid, Aprendizaje–Visor Madrid, 1994.
- BRUNER, Jerome: *El proceso mental en el aprendizaje*, Madrid, Narcea, 1978.
- CATALÁ, R. Mora, C. y Meza L., *Los talleres de ciencia*, en prensa, México.

- DIAMONDSTONE, Jan: *Talleres para padres y maestros*, México, Trillas, 1996.
- DORAN, R. y F. Boorman: “Authentic Assessment”, *The science Teacher*, septiembre 1993, pp. 37–41.
- FERRAROTI, W.: “Symbole et réalité dans le problème éducatif”, *L'éducation par le jeu et l'environnement*, vol. 17, 1985, pp. 21–76.
- FABBRONI, W.: “Cinque tesi sul gioco e sul giocattolo”, *Infanzia*, vol. 8, núm. 4, 1985, pp. 5–11.
- GREEN, M.: *Museums and Children*, París, Unesco, 1979.
- HARVERY, O.: “Teachers belief systems”, *Journal al Educational psychology*, vol. 57, 1986, pp. 378–396.
- HODSON, D.: “Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio”, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 12, núm. 3, 1994, pp. 299–313.
- LEGRAND, L.: introducción a la obra de A. Michelet: *Los útiles de la infancia*, Barcelona, Heder, 1977.
- MAURIRAS, B.: “El juego y la educación a través de algunos libros”, *Perspectivas*, vol. 16, núm. 1, pp. 150–155.
- OLOFSSON, Ulla Keding.: *Museums and Children*, París, Unesco, 1979, pp. 26–32.
- POZO Muncio, Juan Ignacio y Miguel Ángel Gómez Crespo: *Aprender y enseñar ciencia*, Madrid, Morata, 1988.
- ROWLEY, C.: “The color workshop at the National gallery”, *Museum journal*, vol. 76, núm. 4, 1979, pp. 153–154.
- SARRAMONA, Jaume: *La educación no formal*, Barcelona, CEAC, 1992.
- VYGOTSKI, Lev: *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, Barcelona, Crítica, 1979.
- ZABALZA, Miguel Ángel: *Áreas, medios y evaluación en la educación infantil*, Madrid, Narcea, 1987.





Esta obra fue editada en la ciudad de Zacatecas.

El tiraje fue de 1,000 ejemplares.

Se terminó de imprimir en enero de 2014
en los talleres de Formación Gráfica SA de CV.