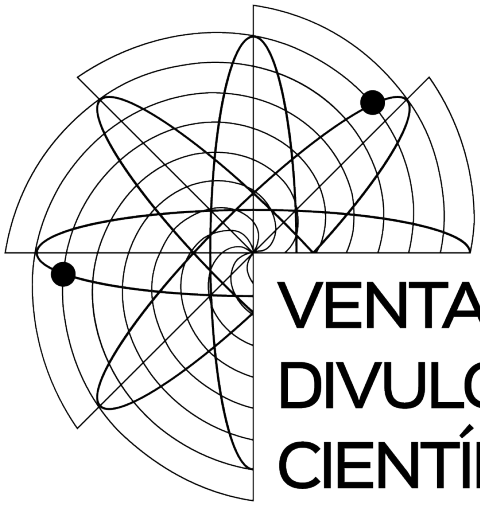
VENTANAS A LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA:

Miradas desde el diseño, la comunicación y las artes

Martha Patricia Alcaraz Flores
Carolina Medina Zavala
Coordinadoras

Universidad Autónoma de Baja California



VENTANAS A LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA:

Miradas desde el diseño, la comunicación y las artes

Martha Patricia Alcaraz Flores
Carolina Medina Zavala
Coordinadoras

Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Arquitectura y Diseño

Facultad de Arquitectura y Diseño
cincuenta aniversario

Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Arquitectura y Diseño

Dr. Juan Manuel Ocegueda Hernández
Rector

Dr. Alfonso Vega López
Secretario general

Dra. Mónica Lacavex Berumen
Vicerrectora Campus Ensenada

Dr. Miguel Ángel Martínez Romero
Vicerrector Campus Mexicali

Dra. María Eugenia Pérez Morales
Vicerrectora Campus Tijuana

Mtro. Mario Armando Macalpin Coronado
Director de la Facultad de Arquitectura y Diseño

Ventanas a la divulgación científica [recurso electrónico] : miradas desde el diseño, la comunicación y las artes / Martha Alcaraz Flores, Carolina Medina Zavala, coordinadoras. -- Mexicali, Baja California : Universidad Autónoma de Baja California, 2018.
1 recurso en línea

ISBN: 978-607-607-502-9

1.Ciencia -- Enseñanza. 2. Comunicación de la información técnica. 3. Servicios de información científica. I. Alcaraz Flores, Martha, coord. II. Medina Zavala, Carolina, coord. III. Universidad Autónoma de Baja California.
Q182.7 V45 2018

Este libro fue dictaminado por pares académicos.

Primera edición: 2018

© D.R. 2018 Martha Patricia Alcaraz Flores
© D.R. 2018 Carolina Medina Zavala

Las características de esta publicación son propiedad
de la Universidad Autónoma de Baja California
http://www.uabc.mx/

Facultad de Arquitectura y Diseño
Blvd. Benito Juárez S/N Unidad Universitaria
Mexicali, Baja California, C.P. 21100
Teléfono (52) 686 566 42 50
http://arquitectura.mxl.uabc.mx/

ISBN 978-607-607-502-9

Edición: César E. Jiménez Yañez
Diseño de concepto: Erika Melissa Vargas Orejel
Diseño gráfico: Luisa Fernanda González Morales
Diseño editorial y maquetación: Lorenza Aimeé Ayón Varela
Diseño de portada: Yessica Isabel Zamora Martínez
Dirección editorial: Carolina Medina Zavala

Hecho en México / Made in Mexico.

ÍNDICE

Introducción

Prólogo

Percepción de la comunicación visual de la divulgación científica en Ensenada, Baja California (estudio de caso), Pág. 11
Martha Alcaraz Flores
José R. Roa

La inclusión de la "realidad aumentada" como experiencia de aprendizaje, Pág. 30
Paloma Rodríguez Valenzuela

Estrategias didácticas para diseñadores gráficos con apoyo de las TIC, Pág. 44
Carolina Medina Zavala

Reflexiones sobre la divulgación de la ciencia, Pág. 62
José Ramón Rodríguez Esquer

La radio científica en México: situación actual, Pág. 81
Roberto Vazquez-Muñoz

¿Cuántos elefantes pesa la Luna? Estrategias para presentar información numérica, Pág. 96
Fernando Andrés Ávila Castro

Semblanzas de los autores, Pág. 111

PRÓLOGO

Es *vox populi* que el principal uso de la ciencia y su razón de ser es facilitar la vida de los seres humanos. La búsqueda permanente de la ciencia genera nuevas preguntas, encuentra solución a problemas y permite generar avances tecnológicos que ayudan al desarrollo de las sociedades.

La ciencia influye en las políticas públicas y proyectos de países, y puede también orientar la vida cotidiana de los ciudadanos al darles pautas para entender los fenómenos naturales, como por ejemplo el calentamiento global y sus efectos en los eventos climáticos extremos. La ciencia puede explicar las complejas relaciones que se tejen entre los ecosistemas y el hombre, así como las problemáticas que se generan de esta relación.

Permítame entonces aseverar: un gran problema que enfrentan los científicos es que sus investigaciones y descubrimientos rara vez llegan al gran público, sea por la escasez de plataformas para la difusión o por la apatía de la población respecto a los complejos temas de la ciencia.

Esta situación alienta también un debate en torno a los enfoques de la comunicación de la ciencia. Por una lado está un enfoque tradicional que pretende educar a un público consumidor de mensajes noticiosos o culturales con los hechos y avances revelados por la comunidad científica; y por el otro, un enfoque abierto y participativo que busca la construcción de un consenso público en torno a los avances científicos.

Y si bien hay en la opinión pública un reconocimiento de que la ciencia por sí sola no puede determinar el futuro y los valores de nuestra sociedad, se reconoce que el compromiso

social debe ser parte de la investigación científica de excelencia y que más que aceptar o rechazar la ciencia, el público masivo debería de integrarse en la divulgación y consumo del conocimiento científico.

Un consumo masivo de la comunicación de la ciencia nos acerca al ideal de hombres y mujeres libres que aplicando todo su potencial y herramientas a la mano, –una de ellas la mejor ciencia disponible– toman decisiones para su bien y el de sus comunidades y se encaminan hacia su emancipación y autodeterminación.

Así, el divulgador de la ciencia enfrenta el reto de no limitarse a solamente transmitir la información que genera la comunidad científica en sus laboratorios y estaciones de campo, sino que deberá crear historias y dar contexto y sentido al conocimiento científico en nuestra particular realidad, utilizando para ello la creatividad, la precisión y las múltiples plataformas disponibles, como son la comunicación visual, auditiva o audiovisual, y las Tecnologías de la Información y Comunicación.

Las nuevas tecnologías abren un mundo de posibilidades a la divulgación de la ciencia. Hoy como nunca antes, mares de información están disponibles con un click en nuestras computadoras conectadas a internet. Así también el uso de las bases de datos y la programación computacional han ampliado las fronteras narrativas de los medios de comunicación, para crear historias con datos, su interpretación y visualización, emergiendo al momento el periodismo de datos.

La comunicación visual tiene un papel protagónico en la divulgación de la ciencia. Como se sabe, la observación científica es un elemento fundamental de todo proceso de investigación de la ciencia. El científico realiza su experimento, su inspección y estudio mediante el empleo

de sus propios sentidos; el resto de los mortales buscamos acercarnos a la ciencia siendo testigos del hecho o experimento científico, por lo que validamos y valoramos con mayor certeza la información que viene sustentada con evidencia gráfica o audiovisual. Ver para creer, dice el dicho popular.

Un ejemplo es la Ley de la caída libre. Aristóteles predijo (erróneamente) 300 años antes de Cristo que los cuerpos más pesados deberían caer a la Tierra con mayor velocidad que los más ligeros. Esto fue aceptado durante cerca de dos mil años, quizá porque la lógica común y la experiencia diaria así lo sugieren.

Pero en el siglo XVII el italiano Galileo Galilei refutó experimentalmente la tesis de Aristóteles. Subiendo a la torre de Pisa, dejó caer dos bolas de plomo de diferente peso, las cuales cayeron al suelo al mismo tiempo ante la incredulidad de su público.

Más aún, 300 años después, el astronauta David Scott en la misión Apolo 15 realizó un nuevo experimento en la superficie lunar. Scott tomó un martillo de geólogo de 1,32 kilogramos y una pluma de halcón de unos 30 gramos. Sostuvo ambos a la misma altura y los dejó caer, cumpliéndose lo que según la física debería pasar, pero además dejando un registro videográfico del experimento que hasta hoy ha sido visto por millones de personas.

* * *

La presente publicación es totalmente oportuna y urgente, dado que nos plantea la evidente necesidad de un ejercicio amplio de la divulgación de la ciencia para que nuestra sociedad y comunidades tengan un mejor y más certero entendimiento de su realidad y cuenten con un contexto de conocimiento para hacer frente tanto a los retos cotidianos e individuales como a los grandes desafíos ambientales que se presentan a nivel global.

Reveladores son los datos que recoge el estudio "Percepción de la comunicación visual de la divulgación científica en Ensenada", de Martha Alcaraz Flores y José R. Roa, sobre la falta de conocimiento de la ciencia básica por la población en general y la escasez de estrategias para captar el interés del público en los temas científicos; dándonos luz sobre las percepciones de la divulgación de la ciencia tanto en los que generan el conocimiento como en los potenciales consumidores.

El texto «La inclusión de la "realidad aumentada" como experiencia de aprendizaje», de Paloma Rodríguez Valenzuela, nos lleva de la mano en un viaje donde el futuro nos alcanzó, describiendo las posibilidades de las herramientas y dispositivos tecnológicos y su influencia en el aula y en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La investigación de Carolina Medina Zavala, "Estrategias didácticas para diseñadores gráficos con apoyo de las TIC", nos da pistas sobre la actual influencia que las Tecnologías de la Información y la Comunicación tienen en los materiales didácticos mediante los cuales el docente logra captar la atención y facilitar el aprendizaje de sus alumnos.

Por su parte, José Ramón Rodríguez Esquer, con su texto "Reflexiones sobre la divulgación de la ciencia" nos entrega una visual en la línea del tiempo de los diferentes momentos de la divulgación de la ciencia, desde las primeras expresiones gráficas de pinturas rupestres o petrograbados que sirvieron para escenificar ritos o tal vez transmitir conocimiento, hasta la literatura y el cine de ciencia ficción de nuestros días.

Roberto Vazquez-Muñoz, con su análisis "La radio científica en México: situación actual", expone los retos en cuanto a la difusión y comunicación de los avances de la ciencia que enfrenta un medio tradicional, masivo y accesible a la mayoría de la población a nivel global.

Finalmente, Fernando Andrés Ávila Castro, con su texto "¿Cuántos elefantes pesa la luna? Estrategias para presentar información numérica", nos habla de su experiencia como divulgador de astronomía en el complejo reto que significa dar contexto y sentido al público al describir los cuerpos celestes y explicar con inmensas cantidades de números sus distancias, tiempos y tamaños.

Sin duda, el presente volumen representa un aporte innovador, certero y comprometido en el necesario debate público sobre el papel de la divulgación de la ciencia en Baja California y México.

César Angulo Corral

Percepción de la comunicación visual de la divulgación científica en Ensenada, Baja California (estudio de caso)

Martha Alcaraz Flores y José R. Roa

Percepción de la comunicación visual de la divulgación científica en Ensenada, Baja California (estudio de caso)

Martha Alcaraz Flores
martha.alcaraz@uabc.edu.mx

José R. Roa
roa.jose@uabc.edu.mx

Introducción

En este artículo se presenta un estudio de caso aplicado a dos actores que se relacionan con la divulgación de la ciencia: los que generan los datos y los que los reciben. Por una parte, hablamos de los científicos y por otra del público en general. El objetivo de este estudio fue conocer la percepción de la divulgación de la ciencia en términos de los materiales gráficos utilizados tanto dentro de la comunidad científica como por parte del público general, dicho concepto de percepción, será tratado como el conjunto de opiniones o sondeo de los participantes en esta investigación. La divulgación de la ciencia se puede dar de manera impresa (revistas, posters, etc), por medio de la web, conferencias, presentaciones, etc. Esta investigación se enfoca en divulgación por medio de presentaciones y conferencias, de persona a persona, en un ambiente más informal y dándole importancia a los materiales y recursos visuales con los que se apoyan los expositores para explicar algún tema.

Ninguna disciplina por sí sola puede abordar por completo los problemas sociales a los que nos enfrentamos pero todas las áreas de estudio, desde sus distintos campos de acción, pueden y deben contribuir a entenderlos mejor, y así poder generar un verdadero cambio social.

1 Según Trilla *et al*. (2003) existen tres modalidades distintas de educación: la formal, la no formal y la informal. Dividiendo así, el conocimiento que llega al individuo dentro de ámbitos escolarizados y estructurados para el caso de la "formal", y de manera no estructurada pero con objetivos definidos para el caso de la "no formal", mientras que la educación "informal" está motivada por la curiosidad y se adquiere de forma no lineal, fuera de la escuela, por emisores individuales que buscan ofertar un conocimiento público y de acceso libre.

De esta premisa partimos, asumiendo que la comunicación visual junto con el trabajo de diseño gráfico, pueden proporcionar soluciones importantes para facilitar la difusión del conocimiento científico.

Por una parte, la comunicación visual debe ser comprendida como un elemento que suma a la divulgación de la ciencia, que aumenta y potencia la transmisión de conocimiento tanto en la educación formal, no formal, como en la informal (Trilla *et al*., 2003),[1] al ser incluido como factor determinante en el desarrollo de campañas de promoción y socialización de la ciencia.

En conjunto con la comunicación visual, el diseño gráfico y las artes, permiten observar los fenómenos de transmisión de mensajes para la popularización y apropiación de la ciencia como un complejo sistema que confabula desde múltiples plataformas la traducción de conocimiento científico al público general ya que dentro de estas disciplinas existen códigos compartidos que permiten la articulación de mensajes visuales que basan su efectividad en conceptos como: equilibrio; contraste; forma y color; entre otros, todos ellos se unifican al momento de desarrollar una imagen, a todos estos elementos se les llama técnicas visuales.

Es así que la comunicación visual puede y debe proporcionar soluciones para hacer compresible la información especializada, pero por encima de ello, se debe considerar y asumir que la estética y el contenido se complementan para generar documentos o artefactos visuales que dentro del proceso sociocultural, provoquen diálogo en todos los sectores donde lleguen estos elementos; es decir, que la comunicación entre pares científicos y la difusión de información científica para públicos generales deben de generarse bajo distintos procesos. Al respecto, Frascara (2008) establece que:

> En el diseño publicitario se sabe desde hace mucho tiempo que si el público no compra el producto anunciado, la estrategia ha fracasado [...]; la propaganda política está dirigida a afectar la opinión y las acciones de la gente; las señales viales a organizar el flujo de los vehículos; los materiales didácticos a optimizar la tarea educativa; y los símbolos de seguridad industrial, a reducir los accidentes de trabajo (p. 19).

Atendiendo a lo anterior, podemos asumir que la divulgación científica, requiere de un proceso comunicativo que no sólo acerque la información al público sino que ponga en común el conocimiento, debido a que la comunicación va más allá del simple paso de información entre emisor y receptor.

Estudio de caso

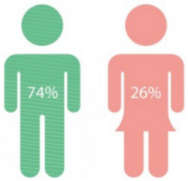
La ciencia es importante, al igual que todo el conocimiento especializado que sirva a los individuos en la toma de decisión para mejorar sus condiciones de vida: bajo esta idea, se realizó esta investigación. Con el fin de obtener información relacionada con la percepción de la divulgación científica, entrevistamos a científicos y a público en general; a los primeros se les aplicó un cuestionario específico para conocer su percepción respecto a la divulgación de la ciencia, mientras que a los segundos, les aplicamos un cuestionario, con el objetivo de conocer su percepción respecto a los materiales gráficos que se utilizan en la ciencia para su difusión y comprensión. La realización del trabajo se pensó en dos etapas (ver tabla 1), cada una cumpliendo con su respectivo objetivo.

Tabla 1. Etapas de la investigación

Encuestas aplicadas	
1.- Encuesta a personas involucradas directamente con la investigación de la ciencia (científicos).	2.- Encuesta a público en general interesado en ciencia y tecnología.
Objetivo específico de las encuestas	
Conocer la percepción de la divulgación de la ciencia dentro de la comunidad científica.	Conocer la percepción del público general respecto a los materiales gráficos de divulgación científica.
3.- Recopilación de información y análisis de datos	
4.- Presentación de resultados preliminares	
5.- Conclusiones	

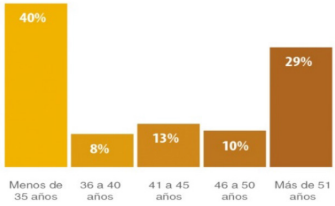
En la primera etapa del estudio, realizamos una encuesta para la comunidad científica de la ciudad Ensenada en el estado de Baja California al norte de México. Nos pusimos en contacto con investigadores de ciencias exactas, a quienes se les envió, vía correo electrónico, una invitación para contestar la encuesta, diseñada con la herramienta *Formularios de Google*. Nos decidimos apoyar en un medio electrónico ya que de esta manera se podía involucrar a más individuos en el estudio. Fijamos un mes como tiempo límite para iniciar con la recopilación de datos. Se enviaron más de 100 encuestas, de las cuales sólo recibimos 38 participaciones. De las encuestas recibidas, el 74% de los participantes son de sexo masculino, y el restante (26%) femenino (ver figura 1).

Figura 1. Distribución de encuestados por sexo



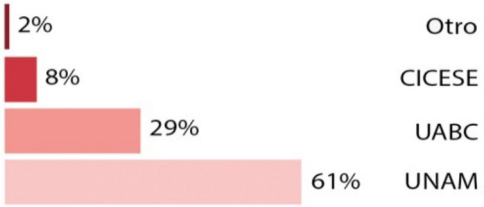
La edad de los participantes oscila entre los 26 y 35 años de edad, los cuales representan al 40% de los entrevistados (ver figura 2). El rango de edades de 36 y 50 años tuvo una participación del 31%, y del 29% con edades mayores a 50 años.

Figura 2. Distribución de encuestados por edad



Con relación a la adscripción institucional de los encuestados (ver figura 3), podemos decir que fueron: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), con 8% de encuestados; Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), hubo un 61% de participación; mientras que de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), la participación es del 29%. Otras instituciones (no especificadas) tuvieron el 2% de participación.

Figura 3. Distribución adscripción institucional encuestados



Respecto al último grado académico de los participantes, los resultados fueron los siguientes: el 55% cuenta con grado de Doctor, el 26% con grado de Maestro y el 18% sólo cuenta con licenciatura. Se observa que la mayoría de los entrevistados son investigadores en alguna de las instituciones participantes y el resto de una u otra forma están relacionados con esta actividad.

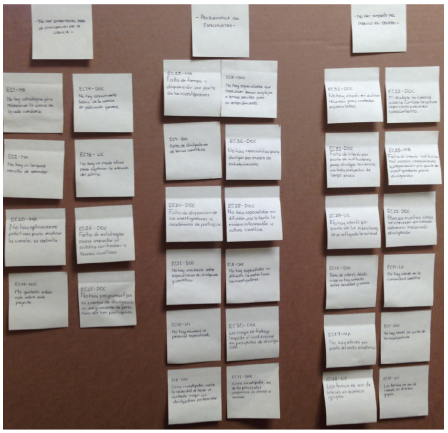
La segunda etapa la realizamos con público general interesado en la ciencia y tecnología. El objetivo de esta encuesta fue conocer la percepción del público respecto a los materiales gráficos que se utilizan en la ciencia para su difusión y comprensión. Los cuestionarios se aplicaron en la zona centro de la ciudad de Ensenada, a los asistentes del "Cuarto Festival Nacional del Conocimiento" ya que por la temática del evento, esperábamos que el público asistente estuviese interesado en este tema. Esta misma encuesta se aplicó también a estudiantes de ciencias exactas y de humanidades de la Universidad Autónoma de Baja California, campus Ensenada, considerando que éstos se encuentran expuestos de manera directa al conocimiento científico dentro de sus actividades académicas. En total se aplicaron 276 encuestas a público en general, de las cuales el 78% de los participantes dijo ser estudiante y el 22% restante dijo dedicarse a diversas ocupaciones: profesionistas, comerciantes, amas de casa y técnicos, entre otros.

Análisis de datos

En las encuestas aplicadas, el primer apartado se dedicó a recopilar información etnográfica (nombre, edad, sexo, grado académico, etc.), esta información nos ayudó a caracterizar a los participantes en la investigación. Las siguientes preguntas fueron de opción múltiple y para el análisis de esta información, se obtuvieron gráficas las cuales agrupan las respuestas de los participantes.

En la entrevista para las personas dedicadas a la investigación, las preguntas iban dirigidas a conocer si el investigador divulga el conocimiento científico generado, con qué frecuencia lo hace, cuales son los recursos gráficos con los cuales se apoya y cómo consigue éstos, entre otros planteamientos; un ejemplo de los cuestionamientos son: ¿Con qué frecuencia expone temas científicos al año? ¿Con qué frecuencia utiliza elementos gráficos en sus presentaciones? ¿De dónde obtiene los recursos gráficos que suele utilizar en sus presentaciones? Por último, realizamos una serie de preguntas abiertas para los investigadores, con las cuales se generó un espacio abierto a la opinión respecto a la temática planteada, esta información se analizó con una técnica llamada "diagramas de afinidad" (ver figura 4), la cual ayuda a clasificar aspectos comunes entre los comentarios de los participantes, esto nos permitió identificar características de utilidad para nuestra investigación.

Figura 4. Diagrama de afinidad



En la segunda sección, la encuesta aplicada al público general, las preguntas se plantearon con intención de conocer el interés sobre la ciencia y la tecnología de los encuestados, buscando saber cuáles son los temas de su interés y como acceden a ellos, y sobre todo, si consideran que los recursos gráficos empleados en la divulgación de la ciencia les resultan atractivos y de fácil comprensión. Dos de las preguntas utilizadas fueron: ¿Cuántas veces al año asiste a eventos donde existe divulgación científica? ¿Cuáles son los medios que le proporcionan información sobre el desarrollo científico? Por último, para analizar los datos arrojados por el instrumento, se aplicó la misma técnica de diagrama de afinidad.

Resultados preliminares

Especialistas en ciencias/Investigadores

Respecto a los resultados preliminares obtenidos de las encuestas realizadas a los especialistas en ciencia, el 87% de ellos mencionó que la divulgación de la ciencia es *muy importante*. La

mayoría de los especialistas encuestados (el 71%), presentan su trabajo a públicos generales en ferias o festivales, utilizando estos espacios para dar a conocer sus investigaciones; mientras que otra parte de ellos (16%) lo expone a jóvenes universitarios. Por último, el 13% lo hace en las asignaturas que imparten como docente, además de charlas con niños y adolescentes. En cuanto a la frecuencia con la que exponen sus temas al año: el 46% lo hace por lo menos 5 veces; el 38% lo hace de 6 a 10 veces y 16% restante lo hace más de 11 veces por año.

En cuanto a los elementos gráficos utilizados en las presentaciones de los temas, las encuestas revelaron que el 62% siempre utiliza gráficos para auxiliar sus presentaciones orales, mientras que el 22% hace uso regular de materiales visuales. El uso común de materiales visuales son: presentaciones digitales (92%); exposiciones con carteles (78%); fotografías (66%) y recursos audiovisuales (55%). Todos los especialistas utilizan elementos gráficos para sus presentaciones; más del 80% regularmente los descarga desde internet o lo desarrolla por él mismo; un 36% lo obtienen de la institución para la que labora y solo un 6% contrata servicios profesionales de diseño gráfico y/o comunicación visual.

Para la sección de preguntas abiertas, en la que se realizó el diagrama de afinidad, se utilizó una nomenclatura para identificar a los participantes con el objeto de poder etiquetar los comentarios de cada especialista, el identificador consta de las siguientes partes: grado académico (EC-especialista en ciencia), seguido de una serie de números consecutivos (indicando el número de especialista encuestado), y por último la inicial de su grado académico LIC (Licenciatura), MA (Maestría) y DOC (Doctorado). Como por ejemplo: EC1-MA, que se utilizará en lo consecutivo para “el primer especialista en ciencia con grado académico de Maestro”.

Con el diagrama de afinidad se identificaron algunos problemas asociados a la divulgación científica, las cuales se mencionan a continuación:

No existen estrategias para la divulgación científica: este problema lo destacaron ocho investigadores; dos de ellos (EC16-LIC y EC26-DOC) mencionan que no existen estrategias para capturar la atención del público e impactarlos con hechos y temas científicos de relevancia; tres de los siete comentaron una falta de lenguaje sencillo para hacerse comprender por el público en general, considerando que esto provoca un escaso entendimiento de los temas científicos. En cinco comentarios similares (EC14-DOC; EC20-MA; EC1-MA; EC2-MA y EC14-DOC) los especialistas asumen que existe una ausencia de conocimientos de ciencia básica en la población en general, definiendo que dichos conocimientos son escasos y que existe desinterés, donde además establecen que el uso de aplicaciones prácticas para explicar la ciencia es limitado. El último encuestado hace hincapié en la falta de espacios para promover la ciencia y dar seguimiento a las personas que se han mostrado interesadas en ella.

Problemas con especialistas: Once especialistas comentaron sobre esta situación, de los cuales, seis (EC4-DOC; EC36-DOC; EC22-DOC; EC8-DOC; EC10-LIC; EC9-DOC), mencionan que no hay especialistas en la divulgación de temas científicos y que la mayoría de las veces, lo terminan haciendo ellos mismos en sus tiempos libres, es por eso que la calidad se reduce, ya que no cuentan con conocimientos para lo anterior. La falta de tiempo o desinterés de los investigadores para involucrarse en proyectos de promoción o divulgación, dicen tres participantes (EC25-MA; EC24-DOC y EC30-DOC), es otro de los problemas que provoca que temas científicos sean desconocidos por la población. Uno de ellos (EC30-DOC) menciona que la carga de trabajo con la que cuenta le impide involucrarse en proyectos de divulgación. Por otro lado dos de los participantes (EC30-DOC y EC12-DOC) mencionan que tampoco hay un contacto o vinculación entre científicos y divulgadores para darse asesoría, esto para que la divulgación sea más adecuada y

se eviten errores que de las dos partes puedan surgir. El participante EC12-DOC, menciona que el mayor problema, como investigadores, es darse a conocer.

Desinterés por parte del gobierno: En este punto encontramos que el participante EC5-DOC, menciona que las instituciones de gobierno, principalmente el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), no muestran interés en reconocer el trabajo de la divulgación científica.

No existe interés del público hacia la ciencia ni de instituciones para la popularización de la misma: Diez de los participantes mencionaron esta problemática, en la que cuatro de ellos (EC31-DOC; EC33-MA; EC11-LIC y EC27-MA) concuerdan que el conflicto de la divulgación de la ciencia se sitúa en la falta de interés por parte de las instituciones. Dos investigadores coinciden en un desinterés por parte de los especialistas, mismo que se ve reflejado en las carencias de competencias para comunicar la ciencia, mientras que un encuestado expone que existe una falta de interés para contratar especialistas que colaboren en la producción de mensajes de divulgación. En este mismo tenor, dos de los encuestados piensan que la divulgación de la ciencia puede lograr un cambio en la cultura mexicana y despertar el interés de los niños.

No existen recursos para la divulgación de la ciencia: El problema asociado a la falta de recursos fue mencionada por siete de los encuestados, uno de ellos destaca la falta de coordinación entre científicos e instituciones, falta de equipo y materiales (EC32-DOC). Tres de los encuestados concuerdan que los medios audiovisuales o visuales son canales viables para lograr la divulgación de la ciencia (EC20-MA; EC13-DOC y EC33-MA), sin ignorar los materiales textuales. Dos participantes creen que este tipo de información complementaria es necesaria para compren-

der temas referentes a la ciencia (EC3-MA y EC6-MA), dejando en claro que mediante estos recursos se puede lograr una mejor asimilación y divulgación de temas científicos. Finalmente, un investigador hace mención a que el uso de redes sociales es indispensable para la divulgación científica debido a su alcance (EC11-LIC).

Público en general

Las características del público en general que participó en las encuestas son las siguientes: el 78% corresponde a estudiantes; el 11% son profesionistas y el 11% restante tiene ocupaciones varias (secretarias, técnicos, amas de casa y comerciantes). De acuerdo a las encuestas aplicadas, más de tres cuartas partes de los encuestados considera *muy importante* la divulgación de la ciencia, el 20% considera este aspecto únicamente *importante*, mientras que sólo el 2% restante lo considera *poco importante*. Estos porcentajes demuestran que un gran sector de la sociedad está interesado en la ciencia. De los encuestados, anualmente en promedio asisten a 12.5 eventos relacionados a la divulgación de la ciencia, podríamos decir que uno por mes. Con relación a los eventos que asisten se les pidió que calificaran las presentaciones visuales (ver tabla 2).

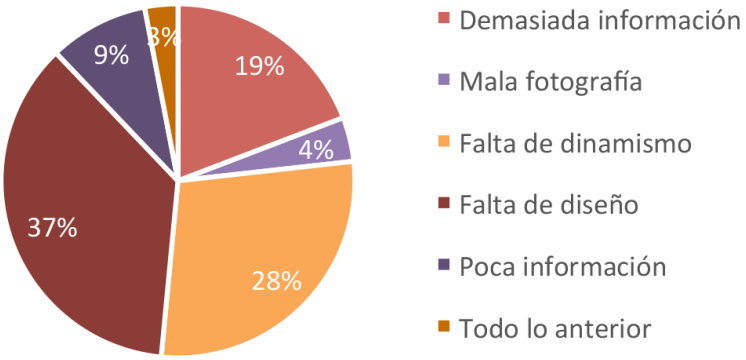
Tabla 2. Promedio general de calificaciones a presentaciones científicas

Característica	Calificación
Lenguaje del expositor	7
Contenido/mensaje	10
Diseño en general	7
Fotografía	9
Tipografía	7
Combinación de colores	7
Fondo	7
Ilustraciones	7

En lo general, el público le da una calificación promedio de 7.6 en escala de 10, para definir la calidad de las presentaciones que ha presenciado con contenido científico. Al ampliar esta información, podemos observar que más de la mitad de los encuestados (57%) considera que regularmente se encuentran con materiales visuales científicos que resultan confusos, inadecuados o insuficientes. Una tercera advierte que casi nunca le ha ocurrido lo anterior; un 6% siempre encuentra materiales confusos sobre ciencia y un 2% menciona que nunca le ha sucedido. En relación a los gráficos que utilizan los científicos en sus presentaciones, la encuesta arrojó que más de la mitad de los usuarios (59%) piensa que son buenos; una tercera parte que son de calidad regular; el 6% los considera muy buenos y sólo un 2% malos.

Al preguntarles a los participantes por qué consideran de mala calidad los gráficos mostrados en presentaciones científicas, los resultados fueron como siguen (ver figura 5): 36% falta de diseño; 28% falta de dinamismo; 19% contiene demasiada información; 9% poca información; 4% por la mala fotografía y un 3% considera todo lo anterior.

Figura 5. Opiniones sobre la calidad de las presentaciones científicas



En la última sección de esta encuesta se realizaron preguntas abiertas y se analizó con el diagrama de afinidad, encontrando dentro de la información arrojada por el instrumento, la exposición de distintos problemas asociados a la divulgación de la ciencia. Los resultados son los siguientes:

Utilizar un lenguaje e información menos complejo: de los encuestados, 19 participantes coincidieron en que el lenguaje de los científicos debe ser sencillo y evitar tecnicismos. Algunos de los comentarios respecto a este punto fueron de que los especialistas deben utilizar buen lenguaje con expresiones orales adecuadas en pláticas o presentaciones, textos cortos, manejar más palabras claves sin textos de relleno, así como la información concisa y expresiones concretas. Respecto a la información, cinco de los participantes, hacen referencia que la información que se utilice sea suficiente.

Utilizar menos información y más materiales gráficos: En este punto, tres de los participantes encuestados, mencionan que los especialistas deben disminuir la información para que haya un equilibrio entre texto e imágenes. Ampliando el punto anterior, ocho de los participantes, comentan que es necesario ejemplificar dichos textos con más imágenes o ilustraciones que representen los temas que se manejen en las presentaciones, las cuales deben ser imágenes explícitas para un mejor entendimiento al público. Uno de los participantes hace la sugerencia de que podría haber versiones virtuales de estos materiales para un fácil acceso.

Crear contacto con especialistas de diseño: 12 participantes concuerdan que deben tener apoyo y asesoramiento tanto de diseñadores gráficos como comunicólogos, con el fin de transmitir de mejor manera la información presentada. Uno de los participantes considera importante invertir en diseñadores gráficos para trabajar en conjunto y crear una conexión entre científicos, divulgadores y diseñadores gráficos.

Mejorar el diseño gráfico: De los encuestados, 17 concuerdan que lo primero es enfocarse en mejorar los detalles en las tipografías, contrastes, fotografías o ilustraciones. Siete participantes piensan que es necesario mostrar creatividad y esfuerzo en los materiales que se utilizan en la divulgación científica. Seis concuerdan que es necesario aumentar la calidad en los materiales, así como en su fabricación y accesibilidad. Por último, algunos de los entrevistados resaltan la importancia de actualizarse en cuestión de diseño, de enfocarse en las nuevas tendencias, como lo es el diseño digital.

Conclusiones

El conocimiento de ciencia básica es esencial en la vida del ser humano, mediante esta plataforma de saberes, las personas pueden dan respuestas lógicas a los grandes fenómenos del universo, por lo que el trabajo de los académicos, de científicos e investigadores, ha sido y seguirá siendo, en las próximas generación, entablar una base de conocimiento para que las personas puedan conocer los fenómenos de su cotidianeidad. Aseguramos que la misma información será transmitida de nuevo durante décadas futuras, y que cada una de esas generaciones a las que se les proporcionará la información se enfrentará a nuevos retos tecnológicos, de tal manera que, las herramientas con las cuales se propagará el conocimiento deben adaptarse a los nuevos tiempos y formatos para transmitir y comunicar la información.

Dichos procesos de enseñanza en ciencias, además de ser cíclicos, se verán permeados por las capacidades de recursos humanos y/o técnicos con los que cuenten los divulgadores para logar la efectividad en la transmisión de información al público, cada uno de ellos será necesario para implementar programas constantes de divulgación, con los cuales se pueda socializar la ciencia bajo el uso de múltiples herramientas y lenguajes que simplifiquen y acerquen el conocimiento a los individuos; sin embargo, la apropiación de la ciencia como fenómeno sociocultural, que se encuentra en todo momento mediado por los lazos emotivos del mensaje, depende en gran parte de la sensibilidad que la persona que comunica tenga al respecto de los temas, teniendo de este modo múltiples limitaciones, entre las cuales se encuentran las siguientes:

a) Las personas que trabajan y saben de ciencia generalmente no cuentan con las competencias apropiadas para comunicar el conocimiento científico y esto se ve reflejado en que la mayoría de los casos el tecnicismo del leguaje resulta inadecuado para la transmisión de

conocimiento a públicos no especializados, ya que regularmente sus procesos de socialización sobre sus investigaciones es realizado entre pares, y en esos escenarios se desarrolla de manera efectiva, debido a que sus interlocutores cuentan con una misma base de conocimiento. Usualmente los compromisos que el sector científico tiene con las instancias de investigación, preponderan la producción intelectual que suele evidenciar estas actividades, restándole importancia a la socialización de la ciencia.

b) Mientras que los comunicadores y diseñadores que cuentan con las herramientas para desarrollar el mensaje público de la ciencia, carecen de conocimiento o sensibilidad para trabajar los contenidos que se solicitan. Actualmente son una minoría los diseñadores y comunicólogos que participan en la generación de los mensajes públicos de la ciencia y en sus estrategias, porque en términos generales, no existen las condiciones necesarias dentro de la mayoría de los centros de investigación y educación en ciencias, para operar en materia de divulgación científica, debido a que la existencia de departamentos de divulgación, comunicación o difusión es escasa o nula en la mayoría de casos, siendo esto generalmente un problema de carácter presupuestal como lo expresan los propios científicos.

En esta primera aproximación para conocer la percepción que se tiene sobre la comunicación visual de la ciencia en la ciudad de Ensenada, nos pudimos percatar que las problemáticas que existen en este campo son muy amplias y de distintas índoles, de éstas, las que nos competen, se relacionan con la transmisión efectiva de conocimiento científico, mediante los recursos visuales con los que se suele hacer divulgación.

Una de las estrategias se asocian a la generación de condiciones, mediante las cuales se conforme un equipo de trabajo multidisciplinario, con personas especializadas en el área de comunicación y diseño gráfico, que guiadas por científicos puedan realizar la traducción del conocimiento especializado, para posteriormente desarrollar materiales visuales dirigidos a públicos específicos, con una estructura que obedezca a lograr objetivos concretos y que dependerán de la particularidad de cada uno de los casos, asegurando de este modo un buen nivel de comprensión por parte de los receptores. La idea es hacer más eficiente la comunicación de la ciencia y para ello se necesita invertir más recursos económicos y contar con recursos humanos especializados que trabajen de forma colaborativa y así proporcionar, desde distintas áreas de conocimiento, una mejora sustancial en el desarrollo de proyectos encaminados a la compresión de información científica.

Referencias bibliográficas

Frascara, J. (2008). *Diseño gráfico para la gente*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones infinito.

Trilla, J.; Gros, B.; López F. y Martín M. J. (2003). *La educación fuera de la escuela. Ámbitos no formales y Educación Social*. Barcelona, España: Ariel Educación.

Patiño, M. (Coord.) (2013) *La divulgación de la ciencia en México desde distintos campos de acción: visiones, retos y oportunidades.* Ciudad de México: SOMEDICYT

Trilla, J.; Gros, B.; López F. y Martín M. J. (2003). *La educación fuera de la escuela. Ámbitos no formales y Educación Social.* Barcelona, España: Ariel Educación.

Berlo, D. (2004) *El proceso de la comunicación: introducción a la teoría y la práctica.* Buenos Aires, Argentina: El ateneo.

La inclusión de la “realidad aumentada” como experiencia de aprendizaje

Paloma Rodríguez Valenzuela

La inclusión de la "realidad aumentada" como experiencia de aprendizaje

Paloma Rodríguez Valenzuela
paloma@uabc.edu.mx

Introducción

Las posibilidades que ofrece hoy la tecnología en distintos ámbitos de la comunicación con avances como la conectividad y la virtualidad, han posibilitado la generación de prácticas innovadoras de aprendizaje, generando así un cambio radical en la forma en que se transmite el conocimiento. La interacción con y a través de dispositivos móviles es una realidad que nos permite acceder a diferentes tipos de contenidos y nos permite experimentarlos a través de muchos medios. Este trabajo, busca relacionar el uso de estas tecnologías con la creación de experiencias de aprendizaje.

A través de la historia, la humanidad ha pasado por una serie de transiciones y revoluciones tecnológicas que poco a poco han originado el cambio en las formas de vivir, pensar, aprender y enseñar. A partir de esto último, es interesante ver cómo los avances de la tecnología modifican la forma en que se interactúa dentro de un salón de clases y en consecuencia, la forma en que se enseña. Hoy, la virtualidad se integra como una herramienta más al proceso educativo, dinamizando los medios de enseñanza y generando un nexo entre la información y el estudiante, ampliando sus experiencias previas y permitiendo la construcción de nuevos conceptos.

Para los estudiantes hoy el acceso y el uso de herramientas tecnológicas, como de dispositivos electrónicos son parte de su cotidianeidad y son aspectos que se deben aprovechar

para integrarlos a los ambientes de aprendizaje. Es necesario incorporar estas herramientas de la tecnología al proceso educativo y buscar generar experiencias de aprendizaje que estimulen los sentidos de los estudiantes, que los inviten a colaborar activamente en los procesos de enseñanza dentro del aula para que impacten de manera significativa en sus vidas.

Este artículo busca profundizar en las posibilidades que ofrecen estas tecnologías integradas al proceso educativo, especialmente la Realidad Aumentada para hacer una comparación con el *Cono de la experiencia* de Dale (1946) y así reflexionar sobre su potencial como herramientas generadoras de experiencias de aprendizaje para la comprensión y retención de los contenidos de una clase y, de esta forma, hacer una contribución a la divulgación de la ciencia a través de medios que no son utilizados de forma convencional dentro de una clase pero que sin duda enriquecen las prácticas de aprendizaje.

Desarrollo

Desde los inicios de la práctica pedagógica, los medios didácticos utilizados por el profesor como herramientas de comunicación e interacción han sido considerados elementos fundamentales para el éxito o fracaso en la efectividad del aprendizaje. Desde el hombre prehistórico, que pintaba en las paredes de las cuevas buscando contar una historia y transmitir un mensaje, hasta el actual docente que expone los contenidos de su clase con diagramas en la pizarra o con una presentación audiovisual, el objetivo siempre ha sido comunicar, transmitir un conocimiento que nos ayude a desarrollarnos mejor.

En este sentido, los medios de enseñanza, Cabero (2001) los define como "cualquier forma e instrumento o equipamiento que se utiliza normalmente para transmitir información" (p. 290). En esta definición, se pueden clasificar herramientas de percepción directa, imágenes

fijas, medios auditivos, audiovisuales, de experimentación o aquellos que permiten el entrenamiento durante el aprendizaje (González, 1983); sin embargo, las posibilidades son mucho más amplias hoy, pues los avances en el terreno de la virtualidad y la factibilidad de su incorporación en el aula mediante dispositivos especiales e incluso dispositivos móviles (tabletas o celulares) abren la puerta a la generación de ambientes inmersivos y en consecuencia, generan experiencias innovadoras de aprendizaje.

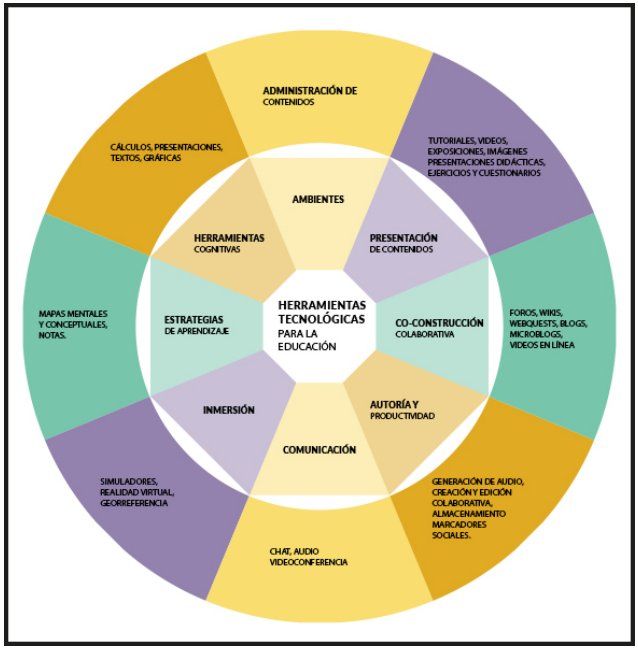
Lo anterior se explica con la clasificación de herramientas tecnológicas para la educación de Peñalosa (2013) (ver figura 1) en la que se incluyen medios de enseñanza auxiliares para generación de ambientes, presentación de contenidos, co-construcción colaborativa, autoría y productividad, comunicación, inmersión, estrategias de aprendizaje y herramientas cognitivas.

Como se comentó anteriormente, la idea de incluir nuevas tecnologías móviles al salón de clases responde a la necesidad de buscar las mejores vías para interactuar con las generaciones que hoy se forman en las instituciones académicas. No debemos olvidar que se educa a la generación que nació con la tecnología, estudiantes que desde pequeños tienen contacto directo con un sinfín de herramientas y dispositivos electrónicos que se pueden integrar a clases, fortaleciendo los contenidos. Esta generación, es la llamada *Generación Net,* definida como "una generación influida por la presencia cada vez mayor de las TIC, y por supuesto de otros factores sociales y económicos que condicionan y son fuentes de su presencia" (Ferreiro y Espino, 2009, p. 37).

Uno de los aspectos teóricos importantes que fundamentan la utilización de dispositivos y herramientas tecnológicas en el aula es la posibilidad de incorporar la palabra "experiencia" como una característica que consigue que las nuevas generaciones estén más atentos a los contenidos de la clase. El conocimiento generado por experiencia es el que se origina a partir de la

observación o la vivencia de algún fenómeno; y la idea de interactuar con el contenido de la clase de manera individual a través de las herramientas multimedia permite comprender estructuras y analizarlas, generando así experiencias de conocimiento en cada estudiante.

Figura 1. Medios de enseñanza auxiliares para generación de ambientes

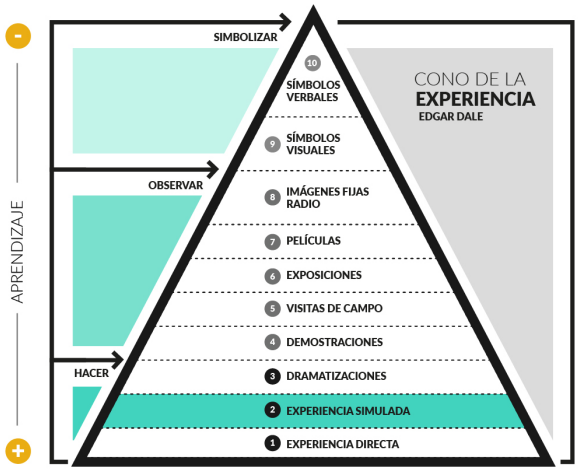


Fuente: Elaborado en base a Peñalosa (2013, p. 29).

Con respecto a la generación de experiencias de aprendizaje, Dale (1946), investigador estadounidense, contempla la efectividad de los medios de enseñanza a través de la representación del *Cono de la experiencia* (ver figura 2). En este diagrama se establecen diferentes niveles de aprendizaje de acuerdo a la forma en que se perciben tomando en cuenta símbolos verbales,

visuales, multimedia, simuladores, realidad virtual y la experiencia directa. A través del análisis de su teoría, se puede deducir que el aprendizaje significativo es mayor cuando los estudiantes interactúan directamente con el objeto de estudio que cuando son percibidos a través de imágenes estáticas o palabras.

Figura 2. Cono de la experiencia de Dale



Fuente: Dale, (1946). *Audio-Visual Methods in teaching* (p. 39).

De acuerdo a este diagrama, la experiencia simulada, es decir, la utilización de modelos físicos pre diseñados para representar la realidad es, después de la experiencia directa, la forma en que se consigue un mejor aprendizaje; pues a través de esta simulación, el alumno puede interactuar directamente con el objeto de estudio utilizando sus sentidos y descubriendo relaciones entre imágenes e información.

Una de las posibilidades que permiten generar el nivel de experiencia simulada en el aula es la incorporación de la tecnología de "realidad aumentada" ya sea a través de dispositivos tecnológicos especiales o incluso dispositivos móviles, por lo que la facilidad para visualizar este tipo de contenidos ha pasado de ser un sueño tecnológico a una realidad accesible. El integrar la palabra virtual a un ambiente de aprendizaje, se debe a que en estos entornos intervienen objetos tanto físicos o reales como virtuales, los cuales son posibles de observar mediante computadoras, pantallas o dispositivos para generar efectos de inmersión e integrarlos con la realidad. La virtualidad provee una plataforma para el aprendizaje retomando aspectos específicos del mundo real que pueden ser difíciles de comprender para convertirlos en completos, realistas y tridimensionales.

El término ambiente de aprendizaje, se define como la generación de una situación educativa centrada en el estudiante que propicia su autoaprendizaje y el desarrollo de sus capacidades críticas y creativas por medio del trabajo colectivo, utilizando o no las tecnologías de la información y comunicación (Ferreiro y Espino, 2009). Por otro lado, el concepto inmersión, hace referencia a la "impresión subjetiva que nos permite imaginar que somos partícipes de una experiencia real" (Dede, 2009, p.2); esto, a través de medios interactivos y dispositivos por medio de la estimulación de los sentidos. Tomando en cuenta estos dos conceptos y sus definiciones, un ambiente inmersivo de aprendizaje es el lugar idóneo para que el estudiante, como protagonista de su propio proceso de aprendizaje, se interrelacione con sus compañeros y juntos construyan el conocimiento apoyados con las herramientas de la tecnología y la virtualidad que permiten asimilar la información compleja y experimentarla de una forma más profunda y completa.

Para que un ambiente de aprendizaje funcione como tal, es necesario tomar en cuenta aspectos que intervienen en este escenario y que son fundamentales para lograr la atención y el interés del estudiante, quien en un panorama idóneo ignorará distractores y se convertirá en un elemento partícipe de esta estructura, motivado por su propio autoaprendizaje. Como afirma Pérez (2012), "los ambientes de aprendizaje deben convertirse en espacios de trabajo y vivencia más que en lugares de recepción y estudio", transformando así el concepto de las clases magistrales de la enseñanza tradicional hacia una educación actual, participativa, centrada en el alumno y en su naturaleza humana, donde se permite y aprovecha la intervención de las aplicaciones tecnológicas.

Un concepto importante a considerar en el diseño de aplicaciones educativas por medio de dispositivos móviles es la posibilidad de trabajar con "realidad aumentada" (RA), la cual amplía las imágenes de la realidad por medio de la incorporación de elementos virtuales creando nuevas percepciones. Comúnmente, el término se relaciona directamente con "realidad virtual" y la diferencia principal es que esta última, se encarga de "construir entornos totalmente virtuales" (González; Vallejo; Albusac y Castro, 2012, p. 2) en los que el usuario interactúa, aislándolo completamente de la realidad física.

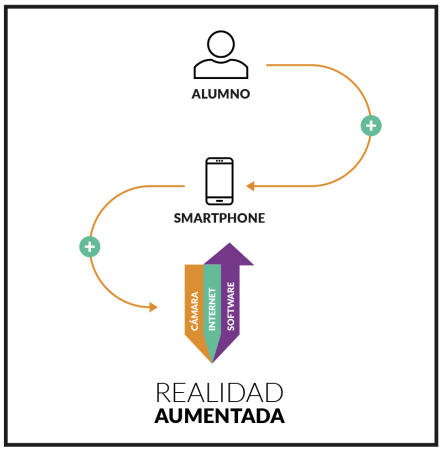
La RA es la tecnología que permite "integrar en tiempo real contenido digital con el mundo real" (González *et al*., 2012, p. 1) a través de la incorporación de capas de información virtual que se integran con una imagen u objeto del mundo real para complementarlo. Es decir, la generación de un escenario mixto que integra la realidad y la virtualidad permitiendo así la interacción con objetos inexistentes para complementar la información de la realidad. Esta cualidad la convierte en una herramienta potencial para el aprendizaje ya que enriquece y complementa el conocimiento transmitido por medio de estímulos a los sentidos. De acuerdo

con Acuña (2012), un punto de partida para la inclusión de las nuevas tecnologías en el aula sería "incorporar la experiencia concreta a través de una gama de experiencias sensoriales que permitan integrar el concepto de aprender" (p. 25) y de esta forma, facilitar la comprensión de contenidos abstractos por medio de experiencias sensoriales.

Presentación: posibilidades de "realidad aumentada" y virtualidad en el aula

Actualmente, existen varias formas en las cuales se puede acceder a entornos virtuales: con la computadora por medio de cámaras, en dispositivos móviles o con objetos específicos, como dispositivos de cabeza, de mano u objetos asilados que a través de proyecciones digitales muestran información complementaria a la realidad. La posibilidad de observar objetos mediante la tecnología de RA a través de dispositivos móviles, convierte a esta tecnología en algo factible, pues anteriormente, se tenía la idea de que esta tecnología era costosa e imposible de incorporar como medio de enseñanza pues era necesario adquirir dispositivos especiales como lentes o visores poco comunes. Hoy, muchos estudiantes cuenta con un dispositivo móvil capaz de visualizar imágenes que aumentan la información de la realidad lo que aumenta las posibilidades de poder trabajar con ella. Por su parte, las capacidades que permiten a los dispositivos móviles visualizar la RA son la cámara y un software de lectura comúnmente denominado *App* (ver figura 3).

Figura 3. Propuesta de visualización de "realidad aumentada" en el aula a través de dispositivo móvil



Fuente: Elaboración propia.

Existe también la posibilidad de visualizar la RA por medio de dispositivos móviles utilizando los códigos QR (*Quick Response*), imágenes que contienen información descifrable mediante la cámara de un "celular". De esta forma, por medio de este teléfono con cámara y un software de lectura de códigos QR, se puede transformar la información descifrada en imágenes, videos, animaciones, enlaces a páginas Web, representaciones 3D, entre otras "convirtiéndose así en nuevas formas de narrar los contenidos" (Fombona, Pascual y Madeira, 2012, p.21). Esto, sin duda potencializa la eficiencia en la transmisión de la información a los estudiantes, pues a través de estos dispositivos se puede presentar un contenido con la tecnología de RA y al mismo tiempo todos los estudiantes podrían estar interactuando uno a uno con el objeto de estudio. Esta conectividad permite el intercambio de archivos y aplicaciones entre los integrantes generando la participación activa de todos los estudiantes y el profesor dentro del aula.

Algunas de las ventajas en la incorporación de la RA en el aula podrían ser la posibilidad de análisis en los contenidos que visualizan los estudiantes, la creación de modelos o simulaciones de procesos inexistentes o difíciles de conseguir en la realidad, la innovación en cuanto al formato de aprendizaje y el estímulo a los sentidos. Por otra parte, se pueden considerar desventajas la falta de planeación y diseño del material a presentar ya que se puede confundir o saturar al estudiante y entorpecer las actividades de enseñanza-aprendizaje.

Reflexiones

El aprendizaje por medio de dispositivos móviles no es algo que defina al futuro, es algo que está presente y que seguirá evolucionando día a día. La tecnología se vuelve omnipresente, personal y con mayor capacidad, situación que debe ser aprovechada e incluida en el aula para crear ambientes colaborativos de aprendizaje, en los cuales se experimente con el contenido, se socialice entre los participantes y finalmente se construya conocimiento. Por otro lado, tomando en cuenta la importancia de la transmisión de la información en el ámbito educativo, el contar con la mayor cantidad de herramientas hará que existan más y mejores posibilidades para divulgar lo que la investigación y la ciencia aportan y de esta forma llevar el conocimiento a los estudiantes profundizando en este caso, y hablando de la Realidad Aumentada, en la visualización de objetos completos.

Considerando esto, existen algunas ventajas del uso de dispositivos en el aula, como la supresión de las barreras temporales y espaciales, la capacidad para representar mediante entornos virtuales realidades que son difíciles de explicar, motivación para el aprendizaje colaborativo e intercambio de ideas, actualización constante y eficaz de contenidos de enseñanza,

reducción de costos y la eficiencia para la visualización de imágenes y elementos gracias a las continuas capacidades tecnológicas que existen. Otro aspecto importante a considerar como ventaja en los dispositivos móviles es su ubicuidad, es decir, que pueden estar en todas partes; característica que permite que una vez que el alumno dispone de la información de manera virtual, pueda acceder a ella en todo momento, enviarla a sus compañeros, compartirla en redes sociales o descargarla desde cualquier lugar para analizar sus contenidos.

El hecho de que la RA no excluya la interacción con el mundo real, motiva su propuesta para utilizarla como medio de enseñanza, pues mediante su uso y experimentación, permite que el estudiante no sólo utilice las herramientas de RA para jugar solamente sino que lo utilice como herramienta para interactuar con sus compañeros de clase. Esta tecnología permitirá que el estudiante visualice objetos previamente diseñados de manera tridimensional por medio de un dispositivo móvil, lo analice, lo gire y aprenda de él al mismo tiempo en que los demás estudiantes lo hacen.

La RA es una herramienta que resulta atractiva para muchas áreas del conocimiento. La posibilidad de complementar una realidad y poder explicarla y desglosarla por medio de modelos tridimensionales e interactuar con ellos, motiva la investigación en este ámbito y en consecuencia la generación de aplicaciones que utilizan diversos dispositivos.

Un aspecto importante a considerar es que en el campo de la educación, es escasa la producción de material de investigación que utiliza la tecnología de la RA y que haya comprobado la efectividad de sus beneficios en el aula; motivo por el cual se propone la integración de una tecnología que, más que modernizar los medios de enseñanza, serviría como aplicación motivadora para crear nuevos proyectos en diferentes áreas del conocimiento y lograr así un ambiente

de aprendizaje que integre elementos de la virtualidad para experimentar con la información y profundizar en la asimilación de contenidos.

El fundamento que motiva esta unión entre realidad y virtualidad en el aula es el hecho de que toda máquina o herramienta tecnológica fue creada por el hombre y por lo tanto no puede funcionar sin él. La enseñanza tiene algunos de sus fundamentos en el pensamiento humanista por lo que es imposible imaginar que la tecnología por sí sola pueda "humanizar" al hombre. Por tal motivo, el dominio de la tecnología es lo que va a permitir que ésta se convierta en realmente una herramienta de desarrollo y no en la sustancia indispensable para el aprendizaje.

La realidad es que la asesoría presencial del maestro nunca podrá ser sustituida por una plataforma interactiva; la intención de las palabras es imposible de reproducir por una línea de texto, las expresiones físicas y gestuales son difíciles de interpretar por una computadora y el sentirnos observados por una máquina nunca dejará de ser intimidante. Ante esta situación, el escenario ideal con relación a la utilización de la RA como medio de enseñanza será la generación de un híbrido entre realidad y virtualidad, una herramienta que se beneficie de las capacidades de los dispositivos tecnológicos para enriquecer las experiencias del presente pero que integre las ventajas de la comunicación presencial entre alumno y profesor.

Referencias bibliográficas

Acuña, A. (2012). *El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la Educación*. México: Anuies.

Cabero, J. (2001). *Tecnología educativa: Diseño y utilización de medios en la enseñanza*. España: Paidós.

Dale, E. (1946). *Audio-Visual Methods in teaching*. New York: Dryen Press.

Dede, C. (2009). *Immersive Interfaces for Engagement and Learning. Science*, 323 (5910), 66-69. doi:10.1126/science.1167311

Ferreiro, R. y Espino, M. (2009). *El ABC del aprendizaje cooperativo*. México: Trillas.

Fombona, J.; Pascual, M. y Madeira, M. (2012). *Realidad Aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles.* Pixel-Bit. 2012. Disponible en http://acdc.sav.us.es/pixelbit/images/stories/p41/15.pdf

González, V. (1983). *Medios de enseñanza.* Cuba: Pueblo y Educación.

González, C.; Vallejo, D. Albusac, J. y Castro, J. (2012). *Realidad Aumentada. Un Enfoque Práctico con ARToolKit y Blender.* España: Bubok Publishing S.L.

Peñalosa, E. (2013). *Estrategias docentes con tecnologías: guía práctica*. México: Pearson.

Pérez, A. (2012). *Educarse en la era digital.* Madrid: Morata.

Estrategias didácticas para diseñadores gráficos con apoyo de las TIC

Carolina Medina Zavala

Estrategias didácticas para diseñadores gráficos con apoyo de las TIC

Carolina Medina Zavala
carolinamedina@uabc.edu.mx

Introducción

La tecnología evoluciona constantemente y genera cambios a nivel global, se ha vuelto indispensable para el funcionamiento de nuestra sociedad, de manera que en muchos casos dependemos de ella, ya sea para relacionarnos, visualizar y transmitir información en todos los ámbitos: sociales, económicos, políticos, culturales y educativos. Hoy, gracias al apoyo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y a través de distintos medios electrónicos podemos acceder a un mismo material por diversos canales informativos y al mismo tiempo estar frente a diversos puntos de vista sólo para conocer, desarrollar o aprender sobre un mismo tema, así como también contribuir con la divulgación de la ciencia de una manera más accesible para todos los usuarios a través de dicha tecnología.

Las nuevas tendencias de la tecnología han modificado las formas tradicionales de entender el proceso enseñanza-aprendizaje, haciendo que la educación integre el uso de herramientas tecnológicas para promover el aprendizaje en todos los niveles. Una de estas herramientas son los dispositivos móviles, donde para el estudiante de educación superior se convierten en un instrumento válido para desarrollar y practicar sus competencias, así como para lograr un aprendizaje significativo y ser competitivos en su entorno. Asimismo para el docente, los dispositivos móviles permiten facilitar información, que a pesar de no ser los convencionales en la práctica educativa, sí están al alcance de todos.

Al igual que el estudiante, el docente también debe aprovechar estas herramientas para facilitar material educativo a los estudiantes de una manera sencilla y precisa tanto dentro como fuera del aula. El uso y aprovechamiento de todos estos avances permite al profesor trabajar y mostrar un mismo tema de distintas formas y así favorecer el aprendizaje de los alumnos en todos sus estilos gracias a esta interacción.

El presente artículo muestra, según docentes en diseño, los elementos que debe contener el material educativo relacionado con los estilos de aprendizaje de los estudiantes de Diseño Gráfico de la Facultad de Arquitectura y Diseño (FAD) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) campus Mexicali. El objetivo de presentar los resultados de esta investigación descansa en que éstos puedan ser de utilidad y aporte a la comunidad académica como un modelo para visualizar información con el apoyo de la tecnología y llevarse a cabo para atender a diferentes estudiantes con estilos de aprendizaje diversos.

Impacto de la tecnología en la educación

Vivimos en un mundo globalizado donde se generan múltiples cambios continuamente, donde uno de los ámbitos impactados es el de la educación. En este sentido se torna relevante la formación del personal académico que labora en las distintas instituciones de educación superior en el cual la docencia, como actividad fundamental, requiere de una preparación específica acorde al área y a los individuos a quienes se les facilitará información, por ello, de acuerdo a Reyes (2004), es necesario buscar el aprendizaje de los estudiantes y no solamente la transmisión de conocimientos.

La idea central de la educación va mucho más allá de recopilar o construir dichos conocimientos, debe proponer además de los elementos básicos, analizar respuestas a los pro-

blemas y necesidades que enfrentamos en el entorno desde distintos puntos de vista; por ello un proceso de enseñanza-aprendizaje debe ser de una manera integral y apoyarse en todos los medios como parte de la vida diaria, así las personas aprenderán de una manera significativa, independientemente de la modalidad de estudio.

La Real Academia Española (RAE) indica que el concepto de enseñanza "comprende los estudios especiales que requiere cada profesión o carrera" (RAE, 2016, p. 13) y el aprendizaje en nivel superior como la "acción y efecto de aprender algún arte, oficio u otra cosa"; seguido de aprender que es "adquirir el conocimiento de algo por medio del estudio o de la experiencia". Estos términos están ligados con la adquisición de conocimientos donde están involucrados el docente y el alumno.

Para fortalecer lo anterior, González (1987; citado en Marcelo, 1995) "la enseñanza es la acción que se lleva a cabo intencional y sistemáticamente para el logro del aprendizaje", por ello la importancia como docente de crear una planeación coherente e integral acorde al contexto y facilitar un material educativo acorde a los estilos de aprendizaje de los estudiantes (para efectos de este trabajo, nos referimos específicamente a alumnos de diseño), usando las herramientas que ofrecen las TIC, la didáctica pedagógica y con ello tener diversas estrategias para generar y/o facilitar el conocimiento tal como lo señala Salinas (2004) hay que "sacar el máximo partido a estas tecnologías".

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y sus herramientas para facilitar información en la educación de nivel superior

Las TIC, para Graells (2000) son "un conjunto de avances tecnológicos facilitados por la infor-

mática, las telecomunicaciones y las tecnologías audiovisuales, las cuales proporcionan herramientas para el tratamiento y difusión de la información con el apoyo de diversos canales de comunicación". Regularmente en la educación se habla de transformar las instituciones cuando se adquiere equipo de vanguardia y se capacita a docentes y estudiantes en el uso de las TIC. Lo anterior se hace para obtener calidad educativa derivada de la tecnología, como bien señala Salinas (2004) hay que transformar "sistemas presenciales con la interacción a través de las redes y que lleven a la cooperación en el diseño y la distribución de los cursos y materiales de aprendizaje" (p. 3).

Al respecto, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) dice que:

> Las TIC pueden contribuir al acceso universal a la educación, la igualdad en la instrucción, el ejercicio de la enseñanza y el aprendizaje de calidad y el desarrollo profesional de los docentes, así como a la gestión, dirección y administración más eficientes del sistema educativo (UNESCO, 2014, p. 1).

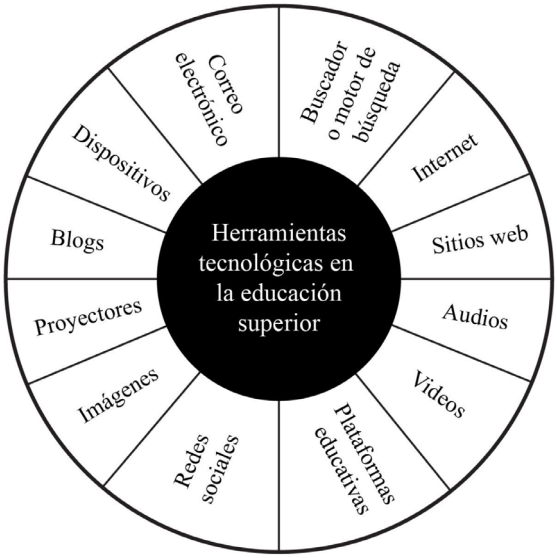
Las TIC integran una serie de servicios (ver tabla 1) que permiten acceder a la información disponible, la cual en conjunto con una competencia, permite desarrollar habilidades para buscar, obtener, procesar y comunicar esta información de manera que se integren como herramientas tecnológicas, las que al mismo tiempo se convierten en una herramienta didáctica dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje (ver figura 1 y 2), para que posteriormente los estudiantes de manera directa la transformen en conocimiento (Gómez; citado en Sánchez & Ruiz, 2013).

Tabla 1. Servicios generales que ofrecen las TIC

Correo electrónico
Búsqueda de información
Educación
Servicios móviles
El audio y música
La televisión y el cine
Videojuegos
Blogs y comunidades virtuales
Comercio electrónico
e-banca, e-administración, e-gobierno, e-salud, entre otros.

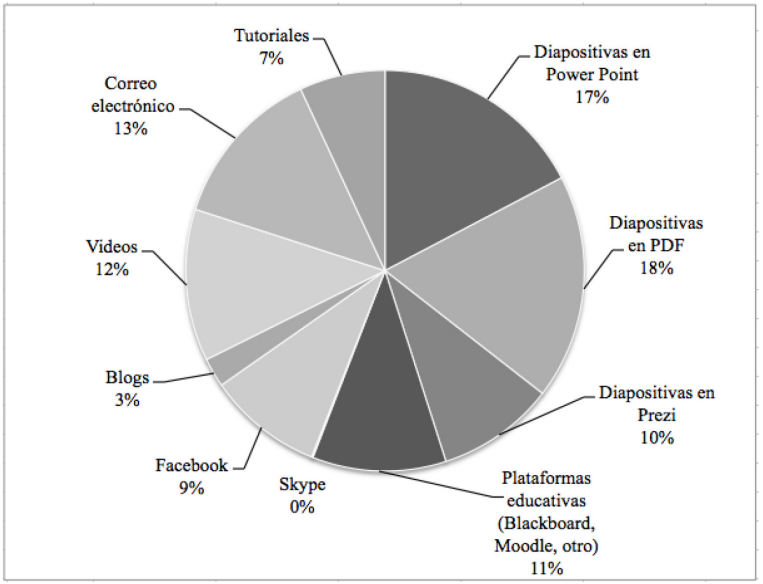
Fuente: Elaboración propia (2015).

Figura 1. Herramientas tecnológicas utilizadas en educación superior



Fuente: Elaboración propia (2015) en base a lo aplicado como docente en la FAD.

Figura 2. Herramientas tecnológicas utilizadas por docentes de diseño en la FAD UABC



Fuente: Elaboración propia (2015). Opinión de los docentes de diseño gráfico de la FAD de la UABC

Con la información de las figuras podemos apreciar la amplia gama de herramientas tecnológicas al alcance de los docentes y aunque el uso de ellas es muy variable, dadas las circunstancias de cada contexto, éstas se deben adaptar a las necesidades que se vayan presentando, ya que indiscutiblemente repercute en la forma de transmitir información a los estudiantes, dentro o fuera del aula.

Como podemos ver, existen distintas formas de distribuir o facilitar la información con apoyo de las TIC. En el caso de esta investigación, los docentes de diseño gráfico de la FAD (47% de los encuestados) prefieren utilizar la Plataforma Educativa *Blackboard Learn* (BB) para interactuar con sus estudiantes, mientras que ellos optan por trabajar con aplicaciones para

dispositivos móviles (67%), otros con BB (33%), quedando también con un bajo porcentaje pero presente en las opiniones del docente otros canales como el correo electrónico, *YouTube, Facebook, Sigel y Udemy*.

Materiales educativos didácticos en el proceso enseñanza-aprendizaje

La didáctica es una disciplina que está inmersa en el ámbito pedagógico y según la RAE "tiene como finalidad fundamental enseñar o instruir" (DRAE, 2016, p. 1), y según Sigal (2009) "puede constituirse en una significativa caja de herramientas para comprender e intervenir en la compleja tarea de enseñar" (p. 8). En resumen la didáctica tiene por objetivo que el docente mejore su práctica docente.

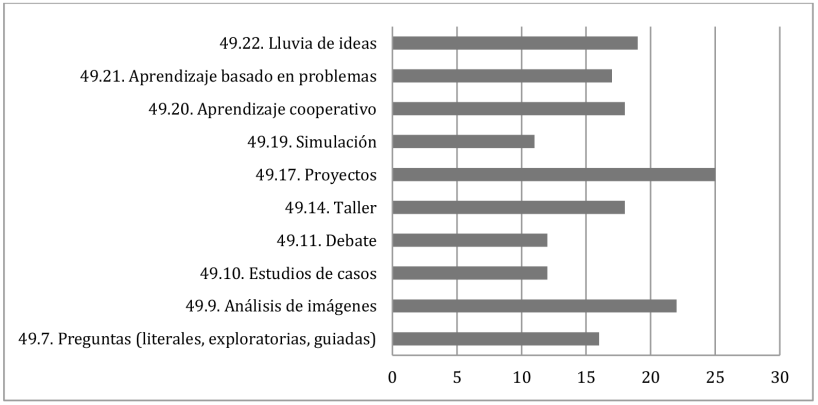
La enseñanza en el sentido pedagógico es el canal que va a permitir la transmisión de conocimientos y buscar la estimulación para que se genere aprendizaje en el estudiante. El aprendizaje por su parte, es la adquisición del conocimiento apoyado de las experiencias; estos dos términos que van de la mano y que en la actualidad no se pueden separar, generan lo que conocemos en educación como proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por ello retomo a Alonso, Gallego y Honey (1994), quienes indican que los estudiantes deben *aprender a aprender*[1] y consideran que los docentes deben identificar su forma de aprender para personalizar su educación, procurando que sus preferencias personales respecto a los estilos de enseñanza no influyan en los estilos de aprendizaje de los mismos estudiantes, si no mas bien busquen un equilibrio en la elaboración del material educativo que se genera gracias a las estrategias didácticas.

1 El concepto de aprender a aprender es referido por La Secretaría de Educación Pública (2016) como una reflexión sobre los modos del propio aprendizaje basado en las experiencias para conocer y seguir aprendiendo.

Los docentes de diseño gráfico aplican una gran variedad de estrategias en el proceso enseñanza-aprendizaje para facilitar la información en una clase. La principal es la elaboración de proyectos (11%); seguida del análisis de imágenes (9%); luego la lluvia de ideas a la par que el aprendizaje cooperativo y el taller (8%); el aprendizaje basado en problemas al igual que las preguntas (literales, exploratorias y guiadas) (8%); el estudio de casos, debates y simulaciones (5%), y otros con menor porcentaje fueron los mapas mentales y/o conceptuales, ensayos, resúmenes, tablas/cuadros (sinópticos, comparativos), diagramas, analogías, líneas de tiempo, visitas a empresas, las tres *QQQ* - qué veo, qué no veo, qué infiero- (ver figura 3).

Figura 3. Principales estrategias utilizadas en el proceso enseñanza-aprendizaje por docentes de diseño de la FAD UABC



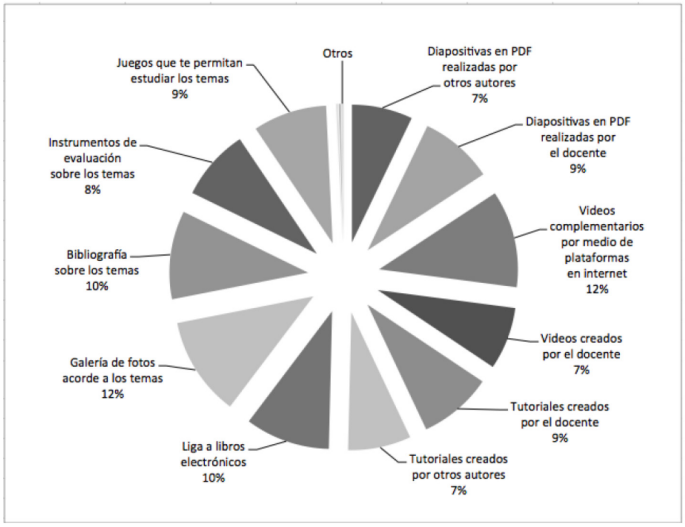
Fuente: Elaboración propia (2015). Opinión de los docentes de diseño gráfico de la FAD de la UABC.

Para fortalecer lo anterior, Ruiz (2014, p.13) establece que las estrategias didácticas "contemplan las estrategias de aprendizaje y las estrategias de enseñanza", siendo las primeras responsabilidad del estudiante para lograr un aprendizaje significativo y las segundas, del do-

cente para facilitar la información, refiriéndose a éstas últimas como las técnicas o actividades con las que se facilita el material educativo que el docente decide emplear para cumplir, según sean los objetivos del programa o planeación de clase para la construcción del aprendizaje.

Algunos materiales educativos utilizados, apoyados en las TIC, por los profesores de diseño gráfico de la FAD: la "galería de fotos" acorde a los temas y los "videos complementarios" por medio de plataformas en internet (12%); la "bibliografía" sobre los temas y la "liga a libros electrónicos" (10%); las "diapositivas en PDF", los "tutoriales" creados por el docente y los "juegos" que te permitan estudiar los temas específicos (9%), quedando los "instrumentos de evaluación" sobre los temas, las "diapositivas en PDF", los "tutoriales" realizados por otros autores, los "videos" creados por el docente, y otros como los "simuladores" y los "ejemplos o casos prácticos" relacionados con los temas vistos (ver figura 4) .

Figura 4. Material educativo utilizado por docentes de diseño de la FAD UABC



Fuente: Elaboración propia (2015). Opinión de los docentes de diseño gráfico de la FAD de la UABC.

Ahora bien, se observa el uso de diversos materiales educativos que como bien dice Sánchez y Ruiz (2013) "Unos buenos materiales, unas buenas orientaciones para trabajar, con recursos novedosos y comprensibles, pueden ser la clave para el proceso de aprendizaje" (p. 21), por ello el docente debe saber identificar las necesidades del entorno para diseñarlos con una estructura acorde a los estilos de aprendizaje de los estudiantes, así persuadir en la recepción de la información para una mejor compresión, por ende, un mayor provecho de dichos materiales para lograr el conocimiento.

Los estilos de aprendizaje VAK en estudiantes universitarios

Un estilo de aprendizaje se refiere al hecho de que cada estudiante aprende de una manera particular y utiliza su propio método o estrategia para aprender, es decir, tiene una manera preferente de estudiar y aprender (Woolfolk, 1996). No obstante las estrategias varían según lo que se quiera aprender, cada uno tiende a desarrollar esas preferencias o tendencias que definen un estilo de aprendizaje. Dichas preferencias tal vez no sean las más efectivas pero lo ideal sería que el estudiante desarrolle nuevas formas de aprender.

Existen diversos modelos de estilos de aprendizaje según el hemisferio cerebral, siendo uno el sistema de representación Programación Neuro-Lingüística (PNL) denominado *Modelo de Bandler y Grinder*[2]. Siguiendo este modelo Dilts; Grinder; Bandler y DeLozier (1980, p.2) sostienen que existe una conexión entre los procesos neurológicos "neuro", el lenguaje "lingüística", y los patrones de comportamiento aprendidos a través de la experiencia "programación", afirmando que éstos se pueden cambiar para lograr objetivos específicos en la vida.

2 El modelo de Bandler y Grinder nació por iniciativa de John Grinder (Psicolingüísta) y Richard Bandler (Matemático, Psicoterapeuta, Gestaltista) y por ello su nombre.

Dicho modelo es conocido también como Visual-Auditivo-Kinestésico (VAK), el cual toma en cuenta el criterio neurolingüística que considera que la vía de ingreso de la información por los ojos, el oído y el cuerpo, es lo que resulta fundamental en las preferencias de quien aprende o enseña y que a su vez se caracteriza por ser dinámico y formal; para fortalecer lo anterior se especifican las características de cada uno de estos tres sistemas del modelo:

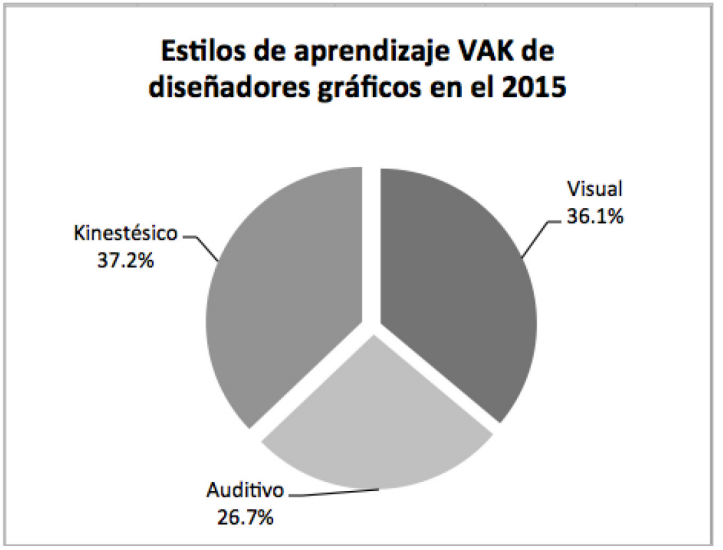
- *Sistema de representación visual.* Los alumnos visuales aprenden mejor cuando leen o ven la información de alguna manera. En una conferencia, por ejemplo, preferirán leer las fotocopias o transparencias a seguir la explicación oral, o, en su defecto, tomarán notas para poder tener algo que leer.

- *Sistema de representación auditivo.* Cuando recordamos utilizando el sistema de representación auditivo lo hacemos de manera secuencial y ordenada. Los alumnos auditivos aprenden mejor cuando reciben las explicaciones oralmente y cuando pueden hablar y explicar esa información a otra persona. En un examen, por ejemplo, el alumno que vea mentalmente la página del libro podrá pasar de un punto a otro sin perder tiempo, porqué está viendo toda la información a la vez; sin embargo, el alumno auditivo necesita escuchar su grabación mental paso a paso. Los alumnos que memorizan de forma auditiva no pueden olvidar ni una palabra, porque no saben seguir.

- *Sistema de representación kinestésico.* Cuando procesamos la información asociándola a nuestras sensaciones y movimientos, es decir, a nuestro cuerpo, estamos utilizando el sistema de representación kinestésico. Por ejemplo, muchos profesores comentan que cuando corrigen ejercicios de sus alumnos, notan físicamente si algo está mal o bien que las faltas de ortografía les molestan físicamente (Pérez, 2001 citado por Cazau, 2001, pp. 14-15).

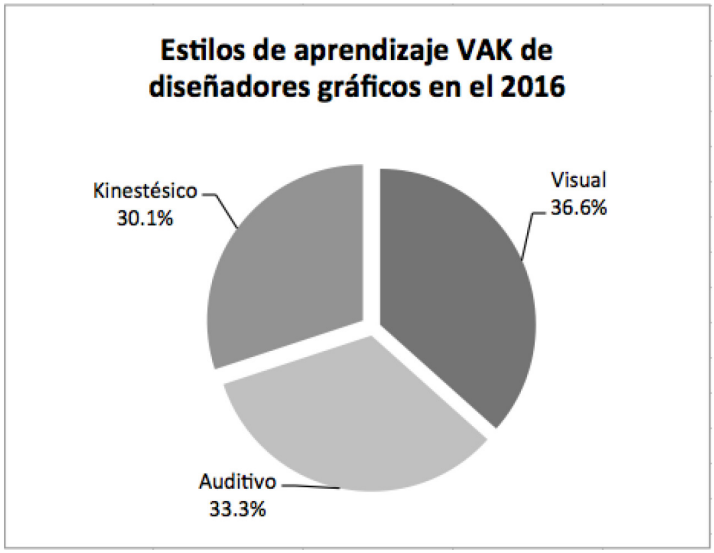
Conocer los sistemas de representación VAK permite ver un mayor panorama sobre la forma de aprender de los estudiantes; así el tratamiento de la información facilitado por el docente, sea por medio de un material educativo planeado y diseñado acorde a las necesidades, buscará un equilibrio de dichos estilos de aprendizaje en los estudiantes de diseño gráfico (ver figura 5 y 6), los cuales varían, según sus intereses. Por ello se debe buscar una fórmula integral en la didáctica, para generar una mejor comprensión de un tema dentro o fuera de clase, sobre todo cuando se utilizan aparatos o aplicaciones tecnológicas.

Figura 5. Estilos de aprendizaje de los estudiantes de diseño gráfico en la FAD UABC



Fuente: Elaboración propia (2015). Opinión de los estudiantes de diseño gráfico de la FAD UABC.

Figura 6. Estilos de aprendizaje de los estudiantes de diseño gráfico en la FAD UABC



Fuente: Elaboración propia (2016). Opinión de los estudiantes de diseño gráfico de la FAD UABC.

Reflexiones

La tecnología ha cambiado la forma de ver y entender las cosas en todos los sentidos, principalmente en lo que respecta a nuestra vida cotidiana ya que tener a la mano dispositivos como los celulares, tabletas y computadoras, nos permiten conectarnos a las redes con el apoyo de internet y nos deja acceder de forma inmediata a cualquier tipo de información a través de diversos medios o canales, según sean nuestras preferencias de comunicación. Esto es indicativo para establecer que tenemos acceso a una diversidad de recursos para aprender o bien para compartir nuestras experiencias, situación que debemos aprovechar para incluirlo en procesos educativos.

Hoy, el uso de la tecnología es imprescindible en el proceso enseñanza-aprendizaje, sobre todo el apoyo que brindan las TIC y su amplia gama de servicios, herramientas y recursos para generar interacción directa con el usuario. En este sentido, en el ámbito educativo, los docentes debemos estar actualizados para hacer un uso adecuado del tratamiento y difusión de la información que manejaremos dentro y fuera del aula para facilitarla, por medio de materiales didácticos, a los estudiantes. El objetivo es motivarles a aprender de forma integral y personalizada con el apoyo de los distintos medios que tienen a su alcance y al mismo tiempo, fortalecer y retroalimentar lo aprendido.

Sin ir muy lejos, en todo proceso de enseñanza-aprendizaje se busca lograr que con el apoyo de las estrategias didácticas el proceso sea más sólido, para ello se requiere que cada actor comprenda bien su rol: el estudiante es quien recibe la información y debe ser receptivo; el docente la transmite y debe contar con un buen uso de los recursos didácticos disponibles, para desarrollar su plan de trabajo acorde al contexto y centrado en el estudiante respecto a sus estilo de aprendizaje para así facilitarle de manera directa los conocimientos.

Aunado a lo anterior, el docente al elaborar material educativo debe tener en cuenta los estilos de aprender de sus alumnos (visual, auditivo y kinestésico) para así elaborar un material equilibrado para integrar a todos. Debe considerar además la tecnología al alcance. Por ejemplo considerar las diapositivas, las imágenes, los tutoriales y los libros electrónicos para los alumnos "visuales"; los videos u otros materiales con sonido para los "auditivos" y los juegos o simuladores para los "kinestésicos", aclarando que independiente a los estilos, todos los estudiantes pueden estar presentes en las planeaciones de clase, pues potencia el desarrollo y la predisposición a un aprendizaje más integral.

Por todo lo anterior no cabe duda que cada día nuestra labor como docentes es de mayor responsabilidad con la sociedad, pues tanto el contexto como los individuos cambian día a día y se debe estar capacitado para preparar un material educativo tecnológico de cualquier tema con distintos medios de comunicación que permitan englobar en su totalidad a todos los usuarios, tal y como es el caso a los diseñadores gráficos de la FAD UABC, quienes tienen estilos de aprendizaje muy variados y aunado a ello, altos niveles de creatividad, lo cual demanda el diseño de material educativo más estructurado.

Este tipo de exigencias habla del tipo de sociedad que estamos construyendo y donde en el ámbito docente ya no es suficiente elaborar un material educativo tradicional, también se debe integrar herramientas tecnológicas de apoyo para que los estudiantes puedan ser responsables de su propio aprendizaje y esto los prepare para que investiguen, experimenten, analicen, reflexionen y retroalimenten sus conocimientos –formales e informales– para que su formación amplíe las posibilidades de ser más competentes en el ámbito profesional y laboral.

Finalmente añadir, que el uso de la tecnología como en este caso los dispositivos móviles, son recursos que nos ofrecen transmitir el conocimiento científico, y que gracias a las aportaciones de esta investigación se comparte información que puede ser útil para otros docentes o personas que tengan interés en el tema y con ello contribuir a la divulgación de la ciencia.

Referencias bibliográficas

Alonso, C.; Gallego D. y Honey, P. (1994). L*os Estilos de Aprendizaje: Procedimientos de diagnóstico y mejora.* Bilbao: Ediciones Mensajero. Universidad de Deusto.

Cazau, P. (2001). *Estilos de aprendizaje.* Documento recuperado y disponible en http://www.sld.cu/galerias/doc/sitios/prevemi/estilos_aprendizaje.doc

Dilts, R.; Grinder, J.; Bandler, R. y Delozier, J. (1980). *Neuro-Linguistic Programming: Volume I: The Study of the Structure of Subjective Experience*. Cupertino, CA: Meta Publications.

Graells, P. (2000). *Las TIC y sus aportaciones a la sociedad.* Documento recuperado y disponible en http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/santiagodecuba/las_tic_y_sus_aportaciones_a_la_sociedad.pdf

Marcelo, C. (1995). F*ormación del Profesorado para el Cambio Educativo.* Barcelona, España: Editorial PPU.

Real Academia Española (RAE) (2004). *Diccionario de la lengua española*, (23ª ed.), Edición del Tricentenario. Recuperado de http://dle.rae.es/

Reyes, M. (2004). *Formación de profesores universitarios: Un diagnóstico de necesidades.* México: Porrúa.

Ruiz, P. (2014). Estrategias didácticas y estilos de aprendizaje: Una mirada al interior de las aulas del programa de Administración de Empresas del sector privado de la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. Tesis de licenciatura, Universidad de San Buenaventura, Colombia. Disponible en http://bibliotecadigital.usb.edu.co/handle/10819/2092

Salinas, J. (2004). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. (RUSC) *Universities and Knowledge Society Journal* 1(1), pp. 1-16. DOI: http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v1i1.228

Sánchez, J. y Ruiz, J. (2013). *Recursos didácticos y tecnológicos en educación*. Madrid: Editorial Síntesis.

Sigal, C. (2009). Hacia una Didáctica del Diseño. *Actas de Diseño*, IV(8). Disponible en http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_articulo=5923&id_libro=147

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2014). *Las TIC en la Educación*. Disponible en https://es.unesco.org/themes/tic-educacion

Woolfolk, A. (1996). *Psicología Educativa*. México: Prentice Hall.

Reflexiones sobre la divulgación de la ciencia

José Ramón Rodríguez Esquer

Reflexiones sobre la divulgación de la ciencia

José Ramón Rodríguez Esquer
ramon.rodriguez22@uabc.edu.mx

Introducción

La ciencia es una consecución de la cultura por lo que la encontramos en libros de texto, de literatura, cine, revistas, comics, series, documentales e Internet y para que sea comprendida por todos, existen especialistas en el campo de la comunicación que trabajan para ponerla al alcance del público, ellos son los divulgadores de la ciencia.

El término divulgar no se refiere a hablar de la ciencia, de su método y estudio sino más bien se refiere a hablar sobre la ciencia, lo que la convierte en una actividad esencialmente educativa e informativa desde el punto de vista cultural. Para Watanabe y Kamagura (2016)

> La divulgación científica constituye un medio importante para mantener la sociedad al día sobre los temas científicos y para promover interacciones con ambientes y agentes sociales que resultan imposibles en situaciones corrientes. Por ejemplo, en las actividades de aproximación al público lego, los científicos pueden promover un aprendizaje que vaya más allá de los conocimientos procedentes de la escuela. Sin embargo, son pocos los profesionales de la ciencia que se dedican al debate público así como a las actividades de divulgación de la ciencia (p. 62).

Desde un punto de vista social, la divulgación ayuda a sostener una relación entre la ciencia y la sociedad lo que la ciencia moderna por sí misma no hace ya que, por su especia-

lización, tiende a separar al ciudadano del científico e incluso a alejarlos. "Reflexiones sobre la divulgación de la ciencia" es un acercamiento a la divulgación partiendo de los sucesos más relevantes de la ciencia en la historia de la humanidad.

Si buscamos el sentido funcional, la comprensión de la ciencia y la tecnología son indispensables en una sociedad como la nuestra. Los ciudadanos deben prepararse para tomar decisiones que afecten su salud y su seguridad para evaluar la información que reciben y así tomar las mejores decisiones como consumidores, por eso el lenguaje es un elemento importante para la comunicación científica, los rasgos que la identifican remiten a la exactitud, la objetividad y la complejidad temática y sintagmática, rasgos que no siempre son tan comprensibles para lectores legos.

La divulgación es una forma de comunicación y con el apoyo del diseño gráfico, se le dota de un giro sintetizador de ideas para convertirse en una estrategia comunicacional que une el conocimiento científico con la sociedad. Juntos, contribuyen a la formación de una sociedad más democrática y estimula favorablemente el desarrollo de la ciencia.

Apostillas para entender la divulgación

Para Muñoz (2010) la divulgación científica puede definirse como "una actividad discursiva cuyo objetivo central es comunicar a una audiencia no especializada y masiva los conocimientos producidos previamente en contextos científicos" (p. 273). La divulgación es un proceso que crea puentes entre la ciencia y el público, traduciendo conceptos complejos y especializados a un lenguaje accesible, para despertar interés de un lector no especializado. Fayard (2004) describe este proceso de la siguiente manera: La divulgación trata de poner a los no especialistas en situación de comprender un discurso científico "adaptándolo, simplificándolo y explicándolo", y

de favorecer la actuación del conocimiento del ciudadano contemporáneo. También se propone combatir las ideas científicamente erróneas, las creencias mágicas y las supersticiones.

De la divulgación y sus precedentes

Si se parte de la idea de que la divulgación es acercar un saber científico a un público no especializado, rastrear su origen puede llevarnos a tiempos remotos; visto de esa manera, la divulgación tuvo su primera manifestación cuando el hombre controló el fuego y plasmó los métodos para manipularlo a través de la representación pictográfica, es decir, las pinturas rupestres. Muy primitivo, pero puede considerarse este hecho como el principio de comunicar y hacer público un conocimiento. Conforme el ser humano evolucionó y con él sus métodos de supervivencia (entiéndase cacería, desarrollo de herramientas y técnicas), siempre tuvo la necesidad de compartir y hacer prevalecer esos saberes.

Las civilizaciones occidentales desarrollaron ciencias como las matemáticas, la física, la química, la biología pero ese conocimiento sólo era divulgado dentro de grupos cerrados y con fuero de clase y condición política. Los filósofos griegos fueron los primeros en dar una explicación racional del universo, propiciando con ello un gran desarrollo en la ciencia, la literatura y el arte. El contacto de Grecia con las civilizaciones como la egipcia, en Mesopotamia, es determinante para la evolución del pensamiento científico. En Alejandría, en el año 331 a. C., a orillas del río Nilo (Egipto), Alejandro Magno fundó una biblioteca donde se dice que contenían más de un millón de volúmenes de manuscritos. El acceso a este gran acervo sólo lo tenían los nobles y aristócratas, quienes gustaban rodearse de sabios para llevar a cabo discusiones y reuniones en academias. Eran los tiempos en los que el conocimiento se consideraba un privilegio.

Siglos después, durante la Edad Media surgió una luz dentro del oscurantismo científico: la corriente humanista. Esta filosofía se enfocó en el ser humano como agente creador y centro del universo. Rogers describe al humanismo de la siguiente manera:

> (...) el individuo percibe el mundo que le rodea de un modo singular y único; estas percepciones constituyen su realidad o mundo privado, su campo fenoménico. En este sentido, la conducta manifiesta de la persona no responde a la realidad, responde a su propia experiencia y a su interpretación subjetiva de la realidad externa, en tanto la única realidad que cuenta para la persona es la suya propia (1998).

Rogers explicó que el ser humano reconoció sus capacidades intelectuales para investigar, llevándolo a desarrollar la ciencia a través de diferentes disciplinas, con el fin de obtener resultados y generar nuevos conocimientos. A este periodo en el desarrollo de la humanidad se le dio el nombre de Renacimiento. Para algunos científicos exponer sus ideas les costó su estatus, su trabajo e incluso la vida.

Contribución de la imprenta

A mediados del siglo XV, el alemán Johannes Gutenberg perfeccionó las técnicas de reproducción xilográficas (grabado sobre madera), desarrollando lo que conocemos hoy como imprenta. La imprenta se popularizó a una velocidad asombrosa, antes de comenzar el siglo XVI, los principales centros culturales de Europa contaban con talleres de imprenta bien establecidos. Es un lugar común decir que contribuyó a la transmisión de conocimiento y, en consecuencia, a la propagación y universalización de la cultura. Con la aparición de la imprenta se inventaron los analfabetos o dicho de otro modo, la necesidad imperiosa de aprender a leer (De Buen, 2000).

Galileo y los diálogos acerca de dos nuevas ciencias

Ante la inminente revolución que generó la imprenta, tanto investigadores, médicos y científicos, encontraron en este invento una oportunidad para dar a conocer su trabajo para eliminar el carácter elitista de la ciencia. El conocimiento generado en el seno de las academias tendría la oportunidad de difundirse en un círculo menos obtuso.

Galileo y sus contemporáneos comprendieron que el mundo necesitaba nuevos canales de comunicación y gracias a la imprenta éste pudo difundir las ideas de Copérnico condenadas por la iglesia. El Papa no permitió que la doctrina copernicana fuera propagada así que Galileo encontró la forma de hacerla pública. En el año 1624, bajo el título Diálogo concerniente a dos principales sistemas del mundo se editó la obra de Copérnico en italiano. En aquellos días las publicaciones se hacían en el latín formal que permitía la iglesia; pero esta obra se realizó en italiano, con el propósito de considera un público más amplio. Para 1636, habiendo terminado la publicación de este trabajo, Galileo fue condenado por la Santa Inquisición.

El tránsito de la Edad Media a la Época Moderna consistió, entre otras cosas, en la ruptura de un orden jerárquico en lo político e intelectual. Diversos ámbitos fueron reclamando su autonomía, como por ejemplo en el plano intelectual, primero fue la filosofía, donde Tomás de Aquino reclama un estatuto autónomo respecto de la teología; en el ámbito de la ciencia política aparece la obra de Maquiavelo y en las ciencias naturales Galileo es quien lidera su difusión. Incluso las bellas artes fueron reclamando su margen de autonomía (Marcos y Calderón, 2002).

La ciencia se pone de moda

Ante una sociedad más interesada en el conocimiento de la ciencia y la tecnología, se formaron los primeros *clubs* de ciencia. En el año 1670 se fundó la *Académie Royale* en Francia y la *Royal Society* de Londres, que hasta la fecha perviven. Ambas academias no sólo las conformaron científicos y divulgadores sino que además abrieron sus puertas a músicos y escritores con el fin de incorporar en sus escritos un lenguaje menos especializado para darles mayor empuje. La participación de los jóvenes y, sobre todo, de las mujeres fue cada vez más frecuente, estas últimas contribuyeron activamente desde la recolección de mariposas, botánica, avistamientos celestes, hasta su incursión en la astronomía; algunas de ellas que iniciaron como aficionadas, terminaron como expertas en el manejo de telescopios.

Para finales del siglo XVII y principios del XVIII las investigaciones de Isaac Newton causarían una revolución intelectual, propiciando el incremento en el número de miembros en las sociedades científicas. Newton fue el precursor de la física moderna, sus investigaciones permitieron entender el universo y su pensamiento sembró las bases para mirar la ciencia bajo otra perspectiva. La Ley de la Gravitación Universal fue un parteaguas para las ciencias deductiva y analítica. Sus estudios sobre las propiedades de la luz sirvieron para crear una ciencia nueva. Desarrolló el cálculo diferencial e integral y, con el uso de los números, consiguió explicar muchos conceptos de la naturaleza que eran considerados intervenciones divinas.

Las investigaciones de este científico abrieron camino a muchos pensadores, entre ellos Voltaire, quien tomando como base la obra de Newton, publicó en el año 1734 sus Cartas Filosóficas y, en 1738, Elementos de la Filosofía de Newton. Este último libro sería traducido inmediatamente al inglés e italiano (y posteriormente a otros idiomas).

Este interés tan generalizado en la ciencia impuso que los museos destinaran en sus exposiciones un espacio para los aconteceres recientes de la ciencia y la tecnología, con el propósito de que fueran exhibidos, dando origen a nuevas disciplinas, como la curaduría de obras científicas. Los museos pasaron a ser laboratorios de investigación, que con base en sus propios recursos, fomentaron la investigación con fines educativos.

Un esfuerzo importante para popularizar el conocimiento científico fue la Enciclopedia. Este documento fue una obra compilada por hombres de ciencia en Francia que, buscando darle la espalda a la Iglesia y a la metafísica con el respaldo del conocimiento, veían a la ciencia como una fuerza. En un solo tomo y con una visión ambiciosa, reunieron una vasta obra con los conocimientos científicos más relevantes de la época. La perspectiva de sus compiladores no fue el registro alfabético de las ideas, sino el relato científico de otras formas de entender el mundo. Los autores de esta enciclopedia, la miraban como un instrumento contra el oscurantismo. Algunos de los personajes involucrados en este gran proyecto fueron D´Alembert, Diderot y Voltaire.

Para el siglo XIX la ciencia tomó dos caminos: el de los aficionados y el de los científicos y para cada público el lenguaje se adaptó. Grandes inventos como los rayos X y la radiactividad, y personajes como Darwin, Mendel o Mendeleyev mantuvieron al público al margen de los avances de sus investigaciones. El siglo XX vendría con científicos y físicos como Planck, Einstein, Bohr, Heisenberg, Schödinger y Dirac, quienes se involucrarían más en la búsqueda y desarrollo científico para el bienestar social.

El género de ciencia ficción y su contribución en la divulgación

A principios del siglo XIX la escritora inglesa Mary Shelley publicó *Frankenstein* o *The Modern Prometheus*, una novela de corte gótico que trascendería hasta nuestros días en múltiples adaptaciones. El primer libro nos muestra el interés y admiración hacia la ciencia y al mismo tiempo, el temor y hostilidad de la sociedad ante el conocimiento. El personaje principal, el Dr. Víctor Frankenstein, es el estereotipo del científico desatando fuerzas que no puede controlar que más allá de la alegoría del hombre como creador y dador de vida, la novela plantea las diatribas de la moral en un medio científico. Por otra parte tenemos *The Modern Prometheus* que es considerado el primer texto de ciencia ficción.

Julio Verne fue un autor de ficción que orientó sus obras de aventura hacia lo científico. En cada historia los personajes realizan descubrimientos que sólo existían en la imaginación del autor. Se adelantó a su tiempo describiendo los submarinos (el *nautilus* del capitán Nemo, de su famosa *Veinte mil leguas de viaje submarino*), el helicóptero, un yate que en la punta de sus mástiles tiene hélices que lo sostienen y que aparece en la obra *Robur el conquistador.* Para Iribarren (2000), Julio Verne anticipó varios avances científicos que se pueden apreciar en sus obras:

- *Ante la bandera*, los quinientos millones de la Begún: armas de destrucción masiva.
- *Robur el conquistador:* helicóptero.
- *De la tierra a la luna, alrededor de la luna:* naves espaciales.
- *Una ciudad flotante:* transatlánticos.
- *París en el siglo XX:* internet, motores de explosión.
- *20 000 leguas de viaje submarino y La isla misteriosa:* submarino, motores eléctricos.
- *La isla misteriosa:* ascensor.

La ciencia en el cine

A principios del siglo XX, con la invención del cinematógrafo y la difusión del cine, la literatura fue llevada a la pantalla grande. De esa época destacan las producciones de George Mélies, quien produciría *De la tierra a la luna, alrededor de la luna,* en donde tomó como referencia las obras de Julio Verne y H. G. Wells. La ciencia ficción en el cine no sólo se convirtió en un género popular y recurrido en la industria, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XX, sino en una herramienta educativa que estimuló el interés por la ciencia en las nuevas generaciones.

Desde la década de los años treinta hasta los cincuenta, el cine de ciencia ficción se extendió con películas de bajo presupuesto hasta que Stanley Kubrick, con su *2001: A Space Odyssey* (1968), dio lugar a que el género fuera tomado más en serio. Si bien las películas de ciencia ficción se apoyan en un conocimiento formal el contenido puede ser interpretado con poca seriedad al contener elementos y atmósferas fantásticas. Para Joan Bassa y Ramón Freixas, la ciencia ficción es una irrupción de lo imaginario en lo real, utilizando la ciencia como coartada de la fantasía, provocando la transformación del verosímil en un referente tanto eminente como pretendidamente científico que cumplirá, en ambos supuestos, un rol mítico.

La divulgación y siglo XX

Durante la segunda década del siglo XX, la divulgación de la ciencia resintió la Primera Guerra Mundial y los avances tecnológicos fueron de carácter bélico. Marie Curie desarrolló centros radiológicos de campaña cerca del frente para ayudar a los cirujanos en la guerra. Creó unidades móviles de radiografías que se conocieron como *petites Curie*. Esta científica se convirtió en directora del Servicio de Radiología de la Cruz Roja, dirigió la instalación de 20 vehículos y 200 unidades radiológicas en los hospitales de campaña durante el primer año de la guerra.

Al término del conflicto, las naciones más productivas en el campo de la ciencia y la tecnología trabajaron con una moderada comunicación de sus avances. Los países menos afortunados pagaban la deuda a los países triunfantes. Posteriormente, en la década de los años veinte, tendría lugar una crisis mundial, trayendo consigo un desarrollo aletargado en todos los aspectos.

En la segunda mitad de la década los años treinta, el mundo se encontraba al borde de la Segunda Guerra Mundial. Había tensión, los países se preparaban para un conflicto mayor, por lo que los gobiernos tuvieron que pensar en alternativas que promovieran los ideales nacionales y calmaran lo ánimos de la población. En Estados Unidos, así como en los países aliados, se transmitían "mini noticiarios" en las funciones de cine. En estas cápsulas se proyectaban los avances tecnológicos y logros científicos, con el fin de comunicar los progresos que servirían para ganar la guerra. La compañía productora de dibujos animados *Walt Disney Co.* dispuso su equipo de creativos, cineastas y animadores para crear animaciones en donde los personajes afrontarían situaciones en las que salían victoriosos. Con un el lenguaje sencillo y llano lograron que el espectador comprendiera la información fácilmente, elevando el estado de ánimo y disminuyendo la tensión.

Tanto los países aliados (Inglaterra, Estados Unidos y Rusia, entre otros) como los del eje (Alemania, Italia, Japón) buscaban el mismo objetivo: influir en la población para controlar su opinión con el apoyo de propaganda en radio, cine e impresa.

La posguerra y la carrera por el espacio

Al término de la Segunda Guerra Mundial, la lección que dejó la bomba atómica fue que cualquier nación industrial podría ser capaz de lograr hazañas tecnológicas para la supervivencia nacional. La Unión Soviética se había vuelto una potencia industrial. En Estados Unidos, con la venia del

presidente Eisenhower, se creó la Fundación Nacional para la Ciencia, con el fin de incrementar la calidad y cantidad de los futuros profesionales de la ciencia e ingeniería. La mayor parte de los científicos de ese tiempo eran de origen europeo.

En el año 1957, los soviéticos pusieron en órbita el primer satélite hecho por el hombre: el *Sputnik*. Este evento causó conmoción a nivel mundial, puso en claro que Estados Unidos había sido superado en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, pero sobre todo en cuestión militar.

Walt Disney divulgador

Walt Disney fue un empresario con visión. Su posición ante la batalla por el espacio le llevó a disponer de sus recursos y tecnología al servicio del conocimiento. En 1945, al terminar la Segunda Guerra Mundial, en Estados Unidos se implementó la operación *Paperclip*, que constó en capturar (antes que los soviéticos) a científicos alemanes y ponerlos al servicio del bando aliado. Más de 700 científicos y sus familias fueron llevados secretamente a trabajar al servicio de los Estados Unidos, entre ellos Wenher Von Braun, quien participó en la guerra como encargado del diseño de cohetes y misiles con una tecnología superior a la estadounidense.

Desde pequeño, Von Braun se enamoró de las posibilidades de la exploración espacial a través de las novelas de Julio Verne y H. G. Wells, así como de los trabajos científicos de Hermann Oberth, cuyo estudio "Al espacio en cohete" alentó a Von Braun a estudiar cálculo y trigonometría, para comprender la física de la cohetería. Una vez establecido, Von Braun y su equipo trabajarían para superar el logro realizado por los soviéticos. Con la necesidad de informar a la población sobre los avances tecnológicos logrados, el magnate de los dibujos animados, Walt Disney, presentó al mundo un nuevo proyecto televisivo, cuyo propósito fue la divulgación de la ciencia. El 9 de marzo de 1955, 42 millones de estadounidenses –lo que en ese

tiempo era aproximadamente un cuarto de la población– encendieron su televisor para ver *Man in Space* (Hombre en el espacio). El programa mostraba a un cálido y encantador ingeniero de cohetes que ofrecía su visión sobre el futuro de las exploraciones en el cosmos. Rodeado de modelos de cohetes y escenas futuristas, Von Braun se dirigía al espectador y explicaba cómo, en diez años, sería posible tener un cohete para llevar pasajeros. El programa incluyó animaciones fascinantes y una partitura orquestal de suspenso, un traje espacial de cuerpo entero y diagramas detallados.

Diez años después, Von Braun se encargaría de dirigir el programa espacial que posteriormente llevó al hombre a la Luna, ganando la batalla por el espacio. Previo a su muerte, en 1977, fue partícipe en la construcción del museo de ciencias *U.S. Space and Rocket Center* en Huntsville, Alabama, el cual, en el año 1970, abrió sus puertas exhibiendo artefactos, cohetes, naves, armamentos, trajes espaciales, vehículos espaciales, residuos espaciales y todo lo relacionado a la conquista del espacio y sus antecedentes. Hasta la fecha sigue abierto y es un puente de divulgación científica entre la NASA y la población.

La divulgación de las ciencias en nuestros días

A raíz de la guerra fría, la divulgación de la ciencia tomó un papel importante en la sociedad. El público se mostró cada vez más interesado por los nuevos descubrimientos; la demanda de publicaciones científicas creció. Para atenderla se volvió cada vez más necesaria la existencia de divulgadores que generaran contenidos más creativos con apoyo de la fotografía y las artes gráficas.

La *National Geographic Society* (fundada en 1888), con el propósito de atraer más público modificó su formato y volvió su contenido más accesible. La publicación adquirió ese carácter que hasta la fecha identificamos gracias a sus portadas y el estilo en la redacción de

sus artículos que la vuelven un referente emblemático para la divulgación hoy en día. Gracias a este esfuerzo, la ciencia se convirtió en un producto más de la comunicación masiva. Para el año 1995, la revista se difundía por todo el mundo y sus ejemplares se imprimían en más de 29 idiomas. En la actualidad esta publicación también se puede consultar en formato digital y a través de redes sociales. La *National Geographic Society* también está presente en televisión y aunque algunos cuestionen la cientificidad de sus contenidos, no se debe descartar el valor de su trabajo en el campo de la divulgación.

Actualmente, las tendencias definidas por las tecnologías de la información y la comunicación tienen como propósito principal superar las barreras que dificultan el acceso al conocimiento que en el pasado se subordinaban a comunidades de expertos. "La dinámica contemporánea viaja virtualmente pero en tiempo real, producto del fenómeno de la globalización e interconexión que hacen posible la dinámica de vivir en sociedades en red" (Vélez, 2014, p. 167).

El lector, lenguaje y divulgación

Desde el lenguaje, el quehacer de la divulgación se mira como resultado de un proceso en el que el conocimiento generado desde la ciencia se re-contextualiza de su ámbito científico; es decir, el de los lenguajes especializados y lo hace para una audiencia lega y con un propósito masivo y acorde a circunstancias nuevas e implica "la adecuación y recreación de escritos científicos, de lenguaje técnico y complejo, en textos asequibles para audiencias amplias" (Muñoz, 2010, p. 277).

En la actualidad existen muchos canales y medios para publicar textos científicos. Las organizaciones, institutos y academias, a través de sus divulgadores, han hecho visible muchos contenidos de investigación en diferentes soportes (papel y digital) y sin desconocer la

verdadera contribución de las nuevas tecnologías como herramienta de la comunicación, no se debe olvidar que lo más importante en esta tarea es el lenguaje.

> En el año 1916 Albert Einstein (1970) escribió en la introducción de su libro *Relativity:* El presente libro intenta, en la medida de lo posible, dar una visión exacta de la teoría de la relatividad a aquellos lectores que están interesados en la teoría desde un punto de vista científico y filosófico, pero que no están familiarizados con el aparato matemático de la física teórica. La obra presupone un nivel educativo correspondiente al de un examen de inscripción universitario y, a pesar de la brevedad del libro, una gran dosis de paciencia y fuerza de voluntad por parte del lector. No se sientan como el vagabundo que, a causa de los árboles, no pudo ver el bosque.

Es indiscutible que la divulgación tiene nexos con la literatura, en principio se puede creer que lo literario puede ser una cualidad; ahora se sabe con certeza que es un recurso indispensable. Carl Sagan (1980) en su serie televisiva *Cosmos* utilizó la metáfora: *El cosmos no fue descubierto hasta ayer. Durante un millón de años era evidente para todos que, aparte de la Tierra, no había ningún otro lugar. Luego, en la última décima parte de un uno por ciento de la vida de nuestra especie, en el instante entre Aristarco y nosotros, nos dimos cuenta de mala gana de que no éramos el centro ni el objetivo del universo, sino que vivíamos sobre un mundo diminuto y frágil, perdido en la inmensidad y en la eternidad, a la deriva por un gran océano cósmico punteado aquí y allí por centenares de miles de millones de galaxias y por mil millones de billones de estrellas. Sondeamos valientemente en las aguas y descubrimos que el océano nos gustaba, que resonaba con nuestra naturaleza. Algo en nosotros reconoce el cosmos como su hogar. Estamos hechos de ceniza de estrellas. Nuestro origen y evolución estuvieron ligados a distantes acontecimientos cósmicos. La exploración del Cosmos es un viaje para autodescubrirnos.*

Una dificultad que debe resolver el divulgador de ciencia es explicar conceptos específicos de una disciplina en lenguaje sencillo e inteligible para sus interlocutores y en este proceso el uso del lenguaje metafórico se erige como un recurso eficaz. Si la divulgación no toma en cuenta al receptor puede perder su sentido primordial: comunicar. El divulgador Wolfgang Iser explora, a lo largo de su obra, tres dominios:

1. El primero se refiere al texto en cuanto a su potencial para permitir y manipular la producción del sentido, considerando el texto como un esqueleto de aspectos esquematizados que debe ser concretizados por el lector.
2. El segundo se refiere al procesamiento del texto al leer, las imágenes mentales formadas al intentar construir un objeto estético consistente y cohesivo.
3. La tercera habla acerca de la estructura comunicativa de la literatura para examinar las condiciones de interacción texto-lector.

Un texto debe concebirse de tal modo que comprometa la imaginación del lector, ya que una lectura es placentera cuando es activa y creativa. Para recrear correctamente el conocimiento científico de manera que el lector pueda integrarlo a su cultura, implica que el divulgador tome conciencia de cuáles vacíos deben ser cubiertos para el lector y cuáles no.

La divulgación y sus medios

Un ámbito de la divulgación se realiza a través de los medios de comunicación masivos (periódicos, revistas, libros, televisión, radio e Internet), que en su mayoría son de acceso libre donde el material presentado para su publicación se liga a los acontecimientos actuales, atendiendo a necesidades específicas del lector y no pasa por evaluaciones rigurosas. Para Vélez (2014), parafraseando a Manuel Castells,

> (...) las tecnologías de la información y la comunicación involucran necesariamente la habilidad para desarrollar de manera distinta, prácticas ya instituidas a la base de la implementación de nuevos conocimientos. Se trata en efecto, del paradigma en que las sociedades contemporáneas se encuentran inmersas, determinando a su vez, la interacción entre las nuevas formas sociales y los modos de producción del conocimiento que se sitúan como modelo de desarrollo, cuyo fin inmediato es la divulgación de la información" (p. 167).

La divulgación y el diseño gráfico

Gracias a Internet, la ciencia se ha reinterpretado, juega un papel y asume responsabilidades gracias a la imagen digital. En ese sentido, el diseño gráfico y la socialización de la ciencia se han unido, desde los sitios *web*, participando en un espacio de encuentro de comunicación visual, que ha corrido con buena suerte. Para Rosales (2012) el diseño gráfico, "en tanto disciplina productora de imágenes, queda obligado a traslaparse con distintos campos epistémicos (comunicología, psicología, mercadología, antropología, sociología, tecnología y otros) que intervienen en la formulación –y eventual solución– de un problema de comunicación" (p. 104).

Las publicaciones académicas que son respaldadas por instituciones de prestigio atienden lineamientos precisos de forma y contenido, son avaladas por cuerpos especializados que generan y revisan sus contenidos a diferencia de las revistas de circulación abierta que descuidan el rigor. Cualquier publicación que se genere en pos de la socialización del conocimiento, merece el cuidado, la atención a normas y la búsqueda de complementos que soporten el material escrito. Una publicación científica merece un equilibrio entre el discurso

visual y el texto. En este contexto, el papel del diseñador gráfico, en este campo de la actividad editorial, es imprescindible e indiscutible.

Conclusiones

1. Para la consolidación de una sociedad democrática, el conocimiento es una parte importante donde la ciencia juega un rol indiscutible para el desarrollo de una cultura de la información y el conocimiento. De ella depende el crecimiento de la ciencia.

2. El Diseño Gráfico como profesión tiene sustentos científicos, teórico-conceptuales y elementos tecnológicos actuales que pueden utilizarse en la divulgación de la ciencia.

3. La comunicación que desarrolle el Diseño Gráfico a los grupos sociales puede ser no salmente mediante fráficos, sino que puede utilizar los medios visuales, digitales, aplicando lenguajes ideográficos programados con explicaciones objetivas.

4. La historia nos dota de referencias en las que la comunicación de las ideas desempeña una función fundamental, desde las pinturas rupestres, como ejemplo de compartir los saberes, hasta la Internet, el devenir de la humanidad tomando cauce en el desarrollo del pensamiento. Los avances en comunicación, desde la imprenta hasta las nuevas tecnologías de la información, también han establecido un vínculo inseparable en la sociabilización del conocimiento.

5. La práctica del diseño gráfico en la divulgación de la ciencia se encamina a fortalecer la unión entre el lenguaje accesible y el entendimiento del mensaje, son, sin lugar a dudas, un binomio indisoluble.

Referencias bibliográficas

De Buen, J. (2000). Manual de diseño editorial. México: Santillana.

Einstein, A. (1970). *La relatividad*. México: Grijalbo.

Fayard, P. (2004). *La comunicación pública de la ciencia. Hacia la sociedad del conocimiento*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Iribarren, M. (2000). Julio Verne: ciencia y tecnología. *El rincón de la ciencia* (6). Disponible en http://rincondelaciencia.educa.madrid.org/Cie-Hist/Verne/Verne.html

Marcos, A. y Calderón, F. (2002). Una teoría de la divulgación de la ciencia. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 3(6-7), 7-40.

Muñoz, C. (2010). El rol de la metáfora léxica en la divulgación de la ciencia. *Tabula Rasa*, 13, 273-292.

Rogers, C. (1998). Teoría humanista. Recuperado en http://html.rincondelvago.com/teoria-humanista-de-rogers.html, 27 de octubre, 2016.

Rosales, R. (2012). Divulgación científica y diseño gráfico en Internet: un acoplamiento emergente. MM1. *Un año de diseñarte*, 14, 99-108.

Sagan, C. (1980). *Cosmos*. Barcelona: Planeta.

Vélez, B. (2014). De la imprenta a la era digital: una búsqueda de impacto internacional. *Sophia* 10 (2), 167-168. Disponible en http://www.redalyc.org/pdf/4137/413734079001.pdf

Watanabe, G. y Kawamura, M. (2016). El papel de la divulgación científica realizada por científicos en la formación de profesores. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 19(2), 61-74. DOI: http://dx.doi.org/10.6018/reifop.19.2.253951

La radio científica en México: situación actual

Roberto Vazquez-Muñoz

La radio científica en México: situación actual

Roberto Vazquez-Muñoz
vazquezm@cnyn.unam.mx

Introducción

En México, la población en general tiene un conocimiento limitado en el campo científico, tecnológico y de innovación pese al desarrollo nacional en estas áreas, esto sucede en parte por la brecha existente entre el quehacer científico y su difusión. La radio, por ejemplo, es una plataforma ideal para comunicar éstos temas, pero los espacios disponibles son pocos. Históricamente en nuestro país la radio es uno de los medios de comunicación con mayor alcance teniendo un papel importante en la educación. Una de sus funciones es informar sin ser un distractor, lo que la convierte en una gran herramienta para la divulgación científica.

Con excepción de los medios universitarios, los espacios radiofónicos que abordan temáticas científicas, tecnológicas o de innovación son escasos, por lo que, considerando su alcance y la necesidad de una mejor divulgación, es necesario evaluar la situación actual de la radio tradicional con respecto al espacio y tratamiento que dedica a la producción científica nacional. Por otra parte, encontramos en la radio *online* una herramienta que logra captar a nuevas generaciones con contenidos dinámicos y sin restricción editorial.

La radio científica: una mirada global a través del tiempo

Los medios de comunicación son el puente más importante entre el científico y el público, pero no siempre existe un acuerdo entre la ciencia y los medios sobre qué difundir-. ¿Cómo

abordamos este complicado problema de difusión? En América Latina, la ciencia profesional inició en la primera mitad del Siglo XX y a pesar de su calidad, la población desconoce los avances científicos propios de la región. Esta falta de conocimiento se debe principalmente a la falta de una estrategia de difusión adecuada.

El interés del público por los temas de ciencia, tecnología e innovación depende de varios factores decisivos para mantenerlo interesado. El dominio limitado del saber científico por parte del público en general y los comunicadores no científicos genera falta de interés por comunicar estos temas. Entre la poca difusión de la ciencia y una educación pública deficiente - y que no fomenta el saber científico-, la población en general adquiere ideas vagas o erróneas de lo que es ciencia. Es común ver cómo se incluyen temas pseudocientíficos disfrazados de temas de ciencia debido a que los comunicadores no distinguen la barrera entre una y otra. Esto ha provocado que conceptos como "orgánico", "natural" o "sustancia química" adquieran significados erróneos. La incomprensión de conceptos científicos fundamentales lleva incluso a que se tenga cierto recelo ante avances en temas de punta, tales como clonación, inteligencia artificial, biotecnología o nanotecnología, por mencionar algunos.

En México, el interés por divulgar la ciencia por parte de los medios, de los científicos y otros actores ha aumentado gradualmente. Diferentes medios de comunicación incluyen secciones temáticas de ciencia y tecnología, secciones que se complementan con algunas revistas de divulgación científica que gozan de cierta popularidad entre la gente. Programas de radio del tipo *magazine* y *morning show* regularmente incluyen una sección de CyT o por lo menos mencionan notas relativas, aunque muchas veces hablan más sobre tecnología que de ciencia (Peña, 2004).

La radio como medio de comunicación en México y el mundo

La radio está en todas partes; al menos el 75% de los hogares de los países en vías de desarrollo tienen acceso a éste medio de comunicación. Según la UNESCO (2013) se estima que existen al menos 44 mil estaciones de radio en todo el mundo que, junto con la telefonía móvil, cubren más del 70% de la población mundial. En América Latina se tienen registradas 10 mil estaciones radiofónicas. Después de Estados Unidos, el mercado de la radio brasileña es el segundo más grande de América, estando presente en el 88% de los hogares, el 80% de los vehículos en circulación y en el 36% de los teléfonos móviles.

La radio siempre ha sido un medio de comunicación con gran capacidad de adaptación a los cambios tecnológicos (Rodero, 2013). Su atractivo como medio informativo y formativo es innegable, por lo que es uno de los canales de comunicación preferidos por el público. Un ejemplo de la vigencia de la radio lo encontramos en los noticieros. Actualmente, la audiencia total de contenido de noticias por medios tradicionales es cada vez menor, pero en el caso particular de la radio, en Rusia como ejemplo, ésta ha aumentado en 4% desde el 2008 (UNESCO, 2013).

Algunas de las ventajas de la radio son: los aparatos son económicos, hay versiones portátiles e incluso hay *apps* radiofónicas para los teléfonos móviles; la señal radiofónica es de amplio alcance, por lo que es ideal para difundir conocimiento en las zonas rurales (Jamison y McAnany, 1978). Desde sus inicios y hasta la actualidad, la radio ha acompañado al público en sus actividades diarias, al mismo tiempo que les permite realizar otras actividades simultáneas como conducir un automóvil o realizar trabajo manual.

Enseñanza y ciencia en la radio en la historia

A lo largo de su historia y en diferentes países, la radio ha sido utilizada como instrumento educativo, particularmente en aquellos en vía de desarrollo y permite una interacción dinámica con el público. Como por ejemplo, cuando en una localidad de agricultores participan en el diseño y desarrollo de programas de "radio granja" (www.farmradio.org/), cerca del 50% de sus pares son más propensos a asumir prácticas agrícolas para mejorar su seguridad alimentaria (UNESCO, 2013). Algunos ejemplos se señalan en la tabla 1 (Jamison y McAnany, 1978; Nwaerondu y Thompson, 1987).

Tabla 1. Participación de la radio en la educación y/o desarrollo

Región	País	Función de la Radio en la Educación y/o desarrollo
América	Columbia	Diversos programas educativos y de desarrollo
	México	Alfabetización y otros programas
	Nicaragua	Educación sanitaria
	Guatemala	Mejorar las prácticas agrícolas y la producción
	Trinidad y Tobago	Conocimiento sobre la lactancia materna
	República Dominicana	Alfabetización: escuela primaria
	Paraguay	Alfabetización: escuela primaria
Asia	Tailandia	Enseñanza en matemáticas, formación de maestros y docencia
	Filipinas	Educación nutricional
	India	Desarrollo rural
	Corea del Sur	Planificación familiar
África	Nigeria	Capacitación en gestión agrícola
	Kenia	Apoyo para cursos por correspondencia
	Sri Lanka	Planificación familiar y salud
	Botsuana	Educación cívica
	Mali	Alfabetización
	Suazilandia	Salud pública

Fuente: The Use of Educational Radio in Developing Countries: Lessons from the Past. (Jamison y McAnany, 1978)

En el caso particular de México, la radio se ha utilizado como medio para alfabetizar y capacitar a su población. A mediados del Siglo XX, el Instituto Federal de Capacitación del Magisterio fortaleció la formación y capacitación docente mediante lecciones por radio que se transmitían por 100 radioemisoras del país. Además, en la década de los años 60's, se transmitieron cursos de alfabetización en 200 estaciones de radio, como apoyo al resto de las actividades académicas. Por otro lado, se creó la radio primaria, para impulsar la educación primaria, especialmente para zonas rurales (Anaya, 2014; Guevara, 2002).

La comunicación de la ciencia en México

La época actual de la divulgación de la ciencia en México inicia en la década de los años 70s gracias a su esparcimiento en medios masivos de comunicación: revistas, conferencias, libros y museos de ciencia, entre otros. Por otra parte, es común que asociaciones científicas e instituciones académicas incluyan la difusión y divulgación de su trabajo (Tagüeña; Rojas y Reynoso, 2006). En este sentido, la Universidad Nacional Autónoma de México ha tenido un papel fundamental en la divulgación del conocimiento científico nacional. Desde la creación del Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia en el año 1980 hasta la actual Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC), se ha contado con una plataforma que permite impulsar la presencia del quehacer científico en los medios masivos de comunicación. Las asociaciones y las redes de colaboración también han participado de manera importante en la divulgación de la ciencia; un ejemplo es la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICyT), creada en 1986 para agrupar a los divulgadores de México (Tagüeña *et al.*, 2006).

La ciencia en la radio ¿voces que hacen eco?

En el mundo, la presencia de contenidos radiofónicos sobre ciencia y tecnología es escasa y México no es la excepción. Aunque hay muchos espacios que incluyen secciones que tratan temas científicos, pocos se dedican exclusivamente a tratar estos temas. Los contenidos de ciencia y tecnología en la radio pública se orientan al aspecto tecnológico, particularmente sobre *gadgets* o avances médicos; esto pone a la radio como un medio poco explotado como herramienta de divulgación científica más si consideramos que la mayoría de los programas con contenido científico se producen y transmiten vía radios universitarias. La radio permite una conexión única entre la ciencia y la sociedad. Es más instantánea que un texto impreso, más ubicua que la *web* y más íntima e interactiva que la televisión; es la plataforma ideal para el nexo del discurso entre científicos y el público.

A nivel global, gracias al ámbito de lo digital, la radio está pasando por un renacimiento, muchas emisoras están incluyendo contenidos novedosos, particularmente sobre ciencia. Con esto, el público es cada vez más consciente y crítico sobre los alcances y limitaciones del conocimiento científico. En Europa, por ejemplo, un factor relevante para la radio que incluye programación científica es la vinculación, formal e informal, entre los profesionales de la radio y la comunidad científica. En el año 2004, la Unión Europea creó el proyecto *Science in Radio Broadcasting* (SCIRAB, por sus siglas en inglés) bajo la premisa de que no hay estudios sobre comunicación de la ciencia en la radio que aborden el tema a profundidad.

Un estudio preliminar demostró que la mayoría de los programas de ciencias son generados en las radios culturales. Las estaciones cuyo objetivo no sea el cultural, regularmente no cuentan con programas que se dediquen exclusivamente a temas de ciencia, y tampoco

cuentan con periodistas científicos (Boncinelli, 2011). La sección de ciencia de algunos programas con contenido científico son dirigidos por un periodista científico o por un científico (Merzagora, Mazzonetto y Tola, 2006). Regularmente, los científicos participan como entrevistados o como consultores en temas específicos (Boncinelli, 2011).

En España existe una vinculación sólida entre la divulgación de la ciencia y la relación universidades-radio universitarias. La radio española es una plataforma ideal para la difusión directa del conocimiento, pues los mismos investigadores comunican su trabajo a la población. Aun así, la radio comercial no se ha consolidado como un instrumento divulgativo y la existencia de programas educativos y divulgativos es mínima (Anaya, 2014).

En México, la cantidad de programas radiofónicos dedicados exclusivamente a los temas de ciencia y tecnología son muy pocos. Entre estos destaca "Imagen en la Ciencia" (http://www.imagen.com.mx/imagen-en-la-ciencia), co-producido por la DGDC y por grupo *Imagen*.

La radio universitaria y su relación con la ciencia

En el aspecto científico, existe una diferencia importante entre lo que se aprende en la educación formal y lo que se transfiere a la sociedad, por tal motivo, la divulgación del conocimiento es una de las piedras angulares de las radios universitarias. Éstas poseen recursos humanos, radioescuchas y un manejo de la información que las convierten en un modelo radiofónico particular. Tienen la capacidad de cubrir espacios diversos, regularmente omitidos por las emisoras convencionales, por lo que pueden ofertar un contenido particular (Vázquez, Martín-Pena y Parejo, 2015). La radio universitaria es un medio ideal para compartir el conocimiento

generado dentro de las casas de estudio, por lo que la mayoría contienen programas dedicados a los avances de la ciencia y la tecnología (Lazo y Segura-Anaya, 2012).

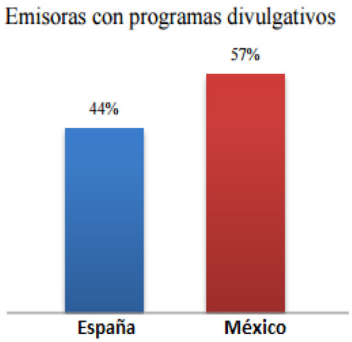
En México, sin contar con estudios a profundidad, se percibe que la gran mayoría de las radios universitarias integran a sus programaciones contenidos científicos. Estos espacios incluyen una participación directa de la comunidad científica, ya sea como entrevistados o como consultores. A pesar de sus ventajas, su presencia no es tan amplia como la radio comercial, lo que limita el alcance de sus programas. De acuerdo a Vázquez y otros (2015), el promedio de programas científicos es de 1.85 por radio (ver tabla 2) donde la mayoría tiene una duración de 30 a 60 minutos, con una periodicidad semanal. Es importante resaltar que las radios universitarias tienen muchas limitantes al momento de acercar la ciencia a los usuarios, tanto por la falta de recursos como por falta de personal.

NOMBRE	TIPO EMISORA	UNIVERSIDAD	Nº PRGMS
Radio UAA	Pública: FM	U. Autónoma Aguascalientes	1
Radio UABC	Pública: FM y AM	U. Autónoma Baja California	2
Radio UdeG	Pública: FM	U. de Guadalajara	4
Universo	Pública: FM	U. de Colima	1
UAM Radio	Pública: FM	U. Autónoma Metropolitana	1
Radio UNAM	Pública: AM, FM y OC	U. Nacional Autónoma de México	5
Radio UAS	Pública: FM	U. Autónoma Sinaloa	1
Radio UdeM	Privada: FM	U. de Monterrey	1
Radio UADY	Pública: FM y AM	U. Autónoma Yucatán	1
IPN Radio	Pública: FM	Instituto Politécnico Nacional	1
Radio USON	Pública: FM	U. de Sonora	1

Fuente: Vázquez, Martín-Pena y Parejo, 2015.

La presencia de la ciencia en la radio universitaria mexicana, aunque limitada, es equiparable a sus contrapartes europeas (ver figura 1). Es complicado establecer el estado real de la radio científica en México, debido a que existen pocos estudios.

Figura 1. Porcentaje de emisoras con programas de divulgación científica



Fuente: Vázquez, Martín-Pena y Parejo, 2015.

¿Qué se espera para la radio científica en México? Retos y perspectivas

Comunicación locutor - científico

La relación entre los científicos y los comunicadores puede ser complicada debido a distintos factores: desde la perspectiva científica hay cierta desconfianza de cómo se maneja la información, particularmente sobre el riesgo de que se descontextualice la información proporcionada. Por su parte, los comunicadores consideran que los científicos no son accesibles y que manejan un lenguaje complicado, entre otros aspectos. La relevancia de la información para cada parte es distinta; para un científico puede ser poco relevante una "súper luna" o la aparición de un nuevo modelo de tecnología "inteligente", mientras que para el periodista esto podría ser más interesante que la descripción de una nueva especie o del descubrimiento de nuevas propiedades de la materia, temas de mayor relevancia para la comunidad científica. Pero a pesar de éstas diferencias, hay una dependencia mutua entre científicos y comunicadores (Peña, 2004).

La radio online vs la radio convencional, nueva plataforma

La radio *online* ofrece muchas ventajas para la divulgación científica: sirve como un repositorio digital; permite abordar temas a mayor profundidad mediante recursos digitales; el radioescucha puede tener acceso a la información siempre que lo desee e inclusive, descargarla. Todo esto ha generado la creación de programas de radio que son exclusivos del mundo *online*, generando independencia de las empresas tradicionales dueñas de las radiodifusoras y sus respectivas limitantes. Éste fenómeno también se presenta en México, por lo que es posible tener acceso tanto a *podcasts* como a programas producidos por radios universitarias, instituciones, asociaciones e incluso a los de la radio comercial.

Conclusiones

Sin una educación y comunicación adecuadas sobre la ciencia no se puede hablar de una sociedad del conocimiento. La ciencia debe ser considerada en la toma de decisiones, pero esto no sucede debido a que es poco entendida por la población. Las políticas de ciencia y tecnología deben ser el resultado de un intercambio entre comunidad científica y público, convirtiéndose éste último en algo más que un simple receptor del conocimiento (Ferrer y León, 2008).

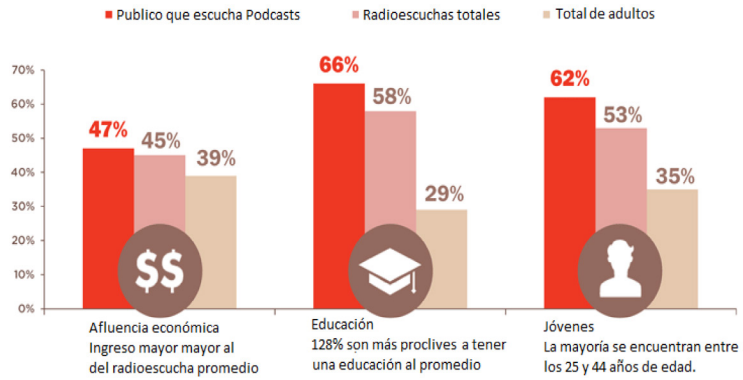
Sin duda alguna, las radios universitarias son un bastión fundamental para mantener la presencia de la radio al aire . Las instituciones y las asociaciones ponen a disposición del público *podcasts* con temas científicos muy diversos, por lo que la radio tradicional seguirá siendo un puente de comunicación fundamental entre el científico y el público general. Lamentablemente, no hay indicios de que la radio comercial incremente su interés por temas de ciencia y tecnología, mientras que los esfuerzos generados por las radios universitarias, tienen un alcance limitado.

Si bien apoyan a propagar la información, mientras no haya apoyo administrativo o logístico para aumentar la cantidad y calidad de programas científicos, la producción radiofónica seguirá siendo complicada.

Pasado, presente y futuro

La radio lleva más de 100 años acompañándonos y, dadas sus características, difícilmente va a pasar de moda. Si bien la radio ha estado presente en temas de educación, ciencia y tecnología, quedan muchos retos por vencer antes de que se consolide como un medio para la divulgación de la ciencia. Las nuevas tecnologías pueden ayudar a reducir la brecha entre ciencia y sociedad, como lo hacen los *podcasts*, que llegan a diferentes públicos y son considerados como una de las nuevas formas para diversificar la radio (figura 2), lo que los convierte en una oportunidad para incrementar los contenidos de ciencia y tecnología.

Figura 2. Algunas de las características del público que escucha *podcasts*



Fuente: Powell (2015), Are podcasts the new path to diversifying public radio?

La radio científica online

En varios países los programas de divulgación científica tienden a estar disponibles en Internet, en repositorios tanto de las emisoras como de particulares. La radio *online* ofrece una nueva gama de posibilidades para difundir el conocimiento científico; incluso, ya hay contenidos radiofónicos de divulgación creados específicamente para *Internet*. Tanto en España como en México, la mayoría de los programas de ciencia cuentan con una versión *online* (Vázquez, Martín-Pena y Parejo, 2015).

La *Internet* ha abierto un camino para transmitir fácilmente el saber científico (Anaya, 2014). Esta transición hacia lo virtual plantea retos nuevos e interesantes. El potencial de las emisiones de radio a través de la red permite dar a conocer, sin límites, las actividades que se desarrollan en el mundo de la ciencia (Marta-Lazo y Martin, 2014). Estamos ante un panorama muy amplio que apenas comienza a ser explotado por la radio actual.

Referencias bibliográficas

Anaya, A. (2014). Divulgación científica en las radios universitarias españolas. *Revista edmetic* 3(1). Disponible en https://www.uco.es/ucopress/ojs/index.php/edmetic/article/view/2880

Boncinelli, E. (2011). Science in radio broadcasting *(SCIRAB), Final Report Summary*. Community Research and Development Information Service, European Commission. Disponible en http://cordis.europa.eu/result/rcn/47559_en.html

Ferrer, A. y León, G. (2008). Cultura científica y comunicación de la ciencia. *Razón y Palabra,* 13(65). Disponible en http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199520724003

Guevara, I. (2002). *La educación en México. Siglo XX*. México: Universidad Nacional Autónoma de México y Miguel Ángel Porrúa.

Jamison, D. y McAnany, E. (1978). *Radio for education and development*. Beverly Hills, California: Sage Publications

Lazo, M. y Segura-Anaya, A. (2012). Emisoras universitarias españolas en la Web 3.0: programación y contenidos. En Espino, C. y Daniel Martín (coords.), *Las radios universitarias, más allá de la radio. Las TIC como recursos de interacción radiofónica,* (pp. 103-124). España: Editorial UOC.

Marta-Lazo, C. & Martin, D. (2014). *Investigación sobre radio universitaria: presente, pasado y futuro. Revista edmetic* 3(1), 8–25.

Merzagora, M.; Mazzonetto, M. y Tola, E. (2006). Science in radio broadcasting (SCIRAB). *In The 9th International Conference on Public Communication of Science and Technology*.

Nwaerondu, N. y Thompson, G. (1987). The Use of Educational Radio in Developing Countries:

Lessons from the Past. *International Journal of E-Learning & Distance Education 2*(2), 43-54. Disponible en http://ijede.ca/index.php/jde/article/view/315/209

Peña, J. (2004). Un vistazo a la ciencia en México. *Ciencia Ergo Sum*, 11(2), vi–xi. Disponible en http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10411214

Powell, T. (2015). Are podcasts the new path to diversifying public radio?. Columbia Journalism Review. Disponible en http://www.cjr.org/analysis/are_podcasts_the_new_path_to_diversifying_public_radio.php

Rodero, E. (2013). Reorientando la enseñanza de la radio. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico,* 19, 381–389. DOI: http://doi.org/10.5209/rev_ESMP.2013.v19.42045

Tagüeña, J.; Rojas, C. y Reynoso, E. (2006). La divulgación de la ciencia en México en el contexto de la América Latina. En el *I Congreso Iberoamerciano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I.*

Disponible en http://www.oei.es/historico/memoriasctsi/simposio/simposio04.pdf

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (2013). Statistics on Radio. Disponible en http://www.unesco.org/new/en/unesco/events/prizes-and-celebrations/celebrations/international-days/world-radio-day-2013/statistics-on-radio/

Vázquez, M.; Martín-Pena, D. y Parejo, M. (2015). La divulgación científica a través de la radio universitaria en España y México. *Razón y Palabra* 19(91), 669-686. Disponible en http://www.revistarazonypalabra.org/index.php/ryp/article/view/139

¿Cuántos elefantes pesa la Luna? Estrategias para presentar información numérica

Fernando Andrés Ávila Castro

¿Cuántos elefantes pesa la luna? Estrategias para presentar información numérica

Fernando Andrés Ávila Castro
favilac@astro.unam.mx

El espacio es grande. No puedes creer que tan vasto e inmenso es.

Quiero decir, tal vez pienses que la farmacia queda lejos,

pero eso no es nada comparado con el espacio (Douglas Adams)

Introducción

Una de las mayores dificultades en la divulgación científica es el manejo y presentación de grandes cifras numéricas. La falta de familiaridad y de herramientas para su presentación generalmente genera más confusión que información. Hablamos del *anumerismo*, concepto que causa muchos problemas para quienes no saben utilizarlo. Más adelante mostraremos cómo se pueden visualizar grandes cantidades matemáticas a través de ejemplos cotidianos.

El extracto que se presenta antes de la introducción pertenece a la novela de ciencia ficción *Guía para el viajero intergaláctico* de Douglas Adams, quien nos deja muy en claro el problema de visualizar grandes distancias. Este mismo problema es el que enfrenta un divulgador de astronomía al hablar de distancias, tiempos y tamaños en el universo. Tan conocido es este problema, que cuando hablan de la deuda externa de un país, tanto economistas como periodistas, la califican de cifras "astronómicas". El darle la etiqueta de "astronómica" no ayuda a visualizar qué tamaño tiene una galaxia, cuánta masa tiene el sol o cuál es la densidad de un agujero negro. En ocasiones, incluso una ayuda visual no es práctica o suficiente. Analicemos por ejemplo la imagen 1, donde vemos a nuestro planeta y su satélite natural, la Luna.

Imagen 1. Sistema Tierra-Luna

Si establecemos que la Tierra tiene un diámetro de 12,742 kilómetros (km), la Luna de 3,474 km y que la distancia promedio entre ambas es de 384,402 km, podemos decir que esta información no aporta mucho a la mesa. Para mejorar la situación, redondeamos y ahora podemos decir que la Luna es la cuarta parte del tamaño de la Tierra. Quizás ahora tenemos una mejor idea del tamaño de la Luna, pero tal vez siga siendo algo difuso. Posiblemente si comentamos que la cara de la Luna llena tiene un área similar a la de dos países como México, podríamos aterrizar mejor las dimensiones de nuestro satélite. Dicho de esta forma, diremos entonces, que para la distancia Tierra-Luna, considerando como referencia a nuestro país, tenemos que recorrer 120 veces la distancia Tijuana-Mérida. Ahora que hemos establecido estas nuevas referencias, volvamos a ver la imagen 1, probablemente ahora notaremos que los tamaños y distancias cobran una nueva dimensión al tener a México como referencia de tamaño y escala; sin embargo nuestra nueva métrica deja de ser útil cuando queremos aplicarla al Sol (tamaño 1,392,000 km. y distancia 150,000,000 km.).

El ejercicio anterior nos muestra sólo una parte de un problema mayor que afecta a la divulgación de la ciencia y que se le conoce como *anumerismo* (Allen, 1988). Si el analfabetismo describe un problema en las habilidades de lectura y escritura, el *anumerismo* es la dificultad de visualizar, comprender y aplicar los números y conceptos matemáticos como fracciones, proporciones y porcentajes. Frases como "nunca me gustaron las matemáticas", "soy de habilidades sociales, no de números", "siempre me fue mal en matemáticas", retratan la realidad a la que se enfrentan muchos científicos cuyo entrenamiento está relacionado con la cuantificación de

información. El poder presentar esta información de manera accesible a un público general se vuelve todo un reto, el cual debe de resolverse de la manera más creativa.

Algunos retos específicos son cómo manejar y presentar los porcentajes, la representación visual de datos, manejo de grandes números y el uso de escalas adecuadas. A lo largo de este artículo hablaremos brevemente de cómo manejarlos.

"Mentiras, malditas mentiras y estadísticas"

Esta frase se atribuye comúnmente a Mark Twain y lo importante de ella es lo que encierra. El poder de los números y las cifras utilizados inadecuadamente (¡con o sin intención!) pueden tener consecuencias terribles y generar mucha desinformación, ya que la combinación entre *anumerismo* y estadística no es buena. Se pueden dar casos sin dolo, donde un periodista al tratar de simplificar una nota científica pierda detalles importantes o puede ser intencional, donde al manipular la presentación de las cifras se busque esconder un fraude o un no-resultado.

Uno de los conceptos matemáticos mal empleado y muchas veces abusado, es el de porcentaje. La definición básica nos dice que es un número asociado a una *razón*, que representa una cantidad dada como una fracción en 100 partes; por lo tanto, cuando usamos un porcentaje tenemos que tratar con la interpretación de las terribles fracciones. Más problemático es si mencionamos que existen diferentes maneras de representarlo y no todas son la más adecuada. Supongamos que en un grupo de 100 personas existen 30 con el cabello rizado, podemos expresar entonces, que el porcentaje de personas con cabello rizado es del 30%. Este mismo resultado también se puede expresar como $30\% = 30 \cdot 0.01 = 0.30 = 0.3$ donde todas estas formas son equivalentes e indican lo mismo; sin embargo, un error común es mezclar las diferentes formas a lo largo de un artículo o reportaje, confundiendo al receptor de la información.

El mayor abuso de los porcentajes, y donde vemos su capacidad de desinformar, es en las notas relacionadas con medicina y salud. Por ejemplo, en un comercial televisivo sobre goma de mascar (chicle), podemos observar que para validar su consumo mencionan algo así como "el 67% de los dentistas la recomiendan". La verdad, es que esa información suena convincente con tal aval médico, por lo que no deberíamos dudar que mascar chicle puede tener beneficios. Ahora bien, qué pasa si expresamos ese mismo dato como "2 de cada 3 dentistas prefieren la goma de mascar *X* que *Y* (no se pudo convencer a Martínez)". De entrada, cambiar el porcentaje 67% a la fracción $\frac{2}{3}$ nos entrega un panorama de información distinto.

No debemos olvidar que en una muestra estadística algo fundamental es la muestra estudiada y aunque en ningún momento se mencione el tamaño usado para llegar a este resultado, es posible que al utilizar las fracciones nos recuerde la necesidad de expresar esta información en alguna parte del estudio; más aún, el comentario entre paréntesis que se presenta en modo de broma, nos dice que sólo entrevistaron a 3 dentistas. Independiente a la broma, existe una información que no se entrega y es aquella de cuántos dentistas prefieren la goma de mascar respecto a los que no prefieren ninguna. Lo más probable es que como el resultado no es tan favorable para el fabricante, por eso se omite. En el siguiente ejemplo (imagen 2) veremos por qué es tan importante establecer puntos de referencia al hablar de porcentajes.

Imagen 2. Representación visual de niveles de radiación en Rusia ¿Pero, es real y precisa?

La imagen 2 fue tomada de una nota publicada en una página de internet[1] y en ella, un grupo de personas visitaron Fukushima, en Japón y regiones cercanas a Chernobyl en Ucrania. Estos dos sitios tienen en común que ambos sufrieron accidentes nucleares. La metodología de investigación fue simple, consistió en conectar a un detector Geiger una serie de luces LED's de diferentes colores para expresar distintos niveles de radiación. Con este dispositivo se hicieron

1 *Nuclear legacy* https://mashable.com/2016/04/21/chernobyl-fukushima-radiation-photos/#Uy6DL.CXNPqi

recorridos por diferentes sitios y se tomaron fotografías de larga exposición para darle un toque dramático. La nota indica que el color blanco es el valor de fondo de radiación natural, los colores ámbar y rojo indican mayores valores de radiación. El resultado visual es impresionante.

En particular, la imagen que usamos en este artículo, nos muestra un patio donde se aprecia una casa de juguete y en este escenario se detectan valores ámbar de radiación, claramente arriba del valor "natural". Uso las comillas, ya que en primer lugar no hay un valor natural promedio definido. Por ejemplo, de manera natural, existen sitios donde los valores de radiación son altos, como aquellos donde la geología local contiene granito en abundancia; también de manera natural existen valores altos de radiación en sitios a gran altura, donde la atmósfera es más delgada que a nivel de mar y la radiación ultravioleta es por lo tanto mayor.

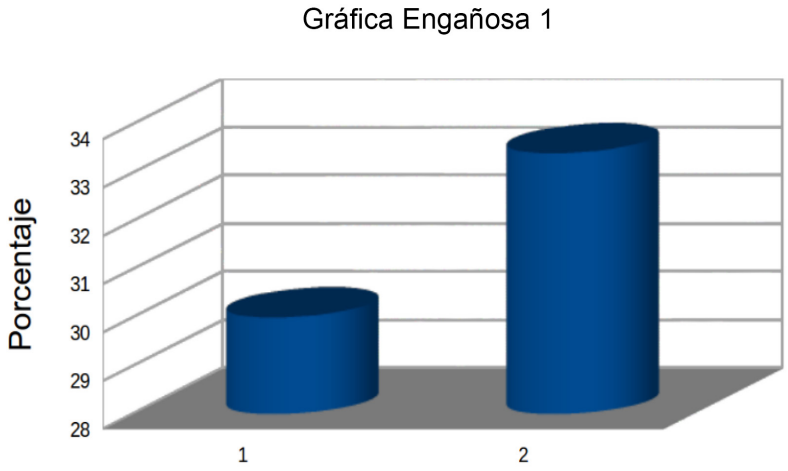
En la presentación de imagen 2, la nota nunca define cuál es el valor de referencia de la radiación de fondo, mucho menos se indica qué tan grande es el incremento para pasar al valor ámbar: ¿es el 10%? ¿200%? ¿0.01%? Sin estos datos, no es posible establecer cuál es el verdadero riesgo. Sin saber cuánto es el valor marcado en ámbar, no podemos compararlo por ejemplo con la Bahía de Guarapari en Brasil (Fujinami; Koga y Morishima, 2000), cuya arena contiene de manera natural fosfatos de uranio y torio. En Guarapari se pueden encontrar valores de 175 *mSv (miliSieverts)*, los cuales son mucho mayores al valor de 20 *mSv* que se considera como límite seguro para los trabajadores de plantas nucleares. Sólo como referencia, comerse una banana equivale a una dosis *0.1μSv* por el Potasio-40 que contiene naturalmente. Por cierto, existen lugares con mayor radiación natural que ésta.

De manera similar, encontramos notas informativas en secciones de salud donde nos indican que consumir más de 3 veces a la semana el alimento *X* aumenta la probabilidad en 300% de contraer cáncer. Al igual que en la nota sobre radiación, no se indican cuáles son los

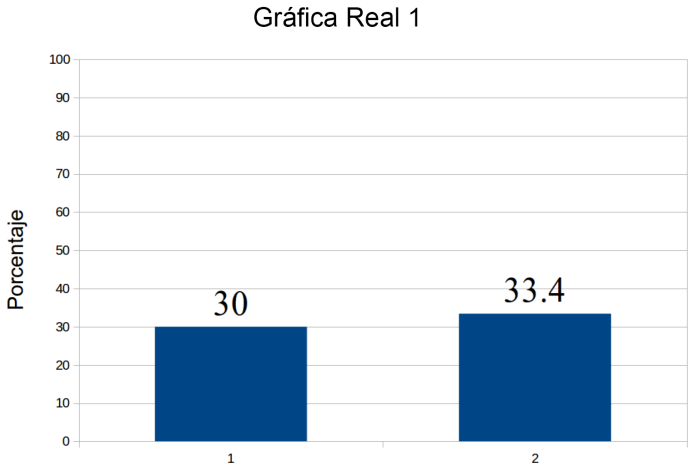
números base y por lo tanto pierde peso la información. Un incremento en 300% indica que el valor original sube 3 veces su propio valor. Si la probabilidad inicial de contraer cáncer es del 0.02%, quiere decir que ahora nuestra probabilidad es del 0.06% lo cual sigue siendo un número muy pequeño. Más aún, no tenemos el margen de error del estudio, por lo cual cabe la posibilidad de que el incremento sea sólo ruido estadístico.

Como mentir con gráficas

Existe un libro titulado así, *How To Lie With Charts* (Everett, 2006). En este libro el autor nos muestra cómo la representación de datos y cifras a través de gráficas es un asunto muy delicado ya que la presentación de ellos puede dar ideas equivocadas. Supongamos la siguiente situación: en una contienda política, el candidato puntero decide publicar una gráfica de preferencias para demostrar que lleva la delantera y la presenta de la siguiente manera:



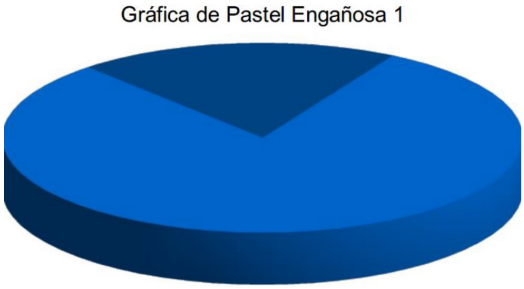
Como podemos observar, la gráfica da la impresión que la diferencia entre los contrincantes es tremenda. Incluso, podría descorazonar a los seguidores del segundo lugar y llevarlos a no votar por ser una causa perdida. En cambio, si los resultados se presentaran así:



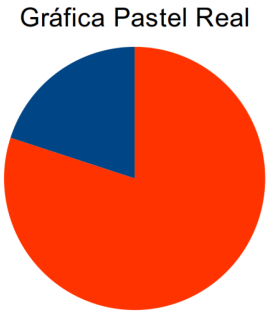
Lo que vemos ahora en esta gráfica es que es una competencia muy pareja. Incluso, como no se presenta el margen de error en la encuesta, es posible entonces, que debido a este error, exista un empate entre los dos contendientes. Las diferencias entre estas dos gráficas, es el uso de la escala vertical y la perspectiva. En el primer caso al usar un rango muy pequeño de valores, la diferencia se magnifica. En el segundo caso se usa la escala adecuada por estar hablando de porcentajes, la de 0-100 y así tenemos una mejor representación de la realidad. La manipulación del eje vertical puede usarse también en gráficas *scatter,* que representan variación de tendencias en el tiempo.

Esta misma técnica se aplica en publicidad (la guerra de los refrescos de cola), en finanzas (¡nuestros intereses son los más bajos!) y en muchas más circunstancias. Otra manera de cometer esta misma falta, se puede realizar con las gráficas de pastel.

¿En cuál gráfica es mayor la zona oscura?



Ambas gráficas presentan una proporción 80-20; sin embargo, debido a la perspectiva y los colores usados, la rebanada correspondiente al 20% no se aprecia de la misma manera. En la segunda gráfica, la rebanada del 20% parece estar más cercana a un 25%, una diferencia considerable. En este caso, lo más adecuado es representarlo es de la siguiente manera.



La ilustración es plana, para eliminar el problema asociado a la perspectiva. Además, se usaron colores contrastantes para marcar la diferencia entre ellos. Cómo podemos ver, las soluciones para presentar la información de manera veraz es simple y sencilla.

Notación científica

Regresando al problema de las grandes cifras, los científicos han recurrido a un estilo de notación numérica que facilita la comparación entre ellas. La notación científica es sencilla y se aprovecha de que nuestro sistema numérico es decimal. Así, 10 en notación científica es 10^1, 100 es 10^2 y así sucesivamente donde el exponente indica el número de ceros después del número 1. De esta manera, para nuestro ejemplo Tierra-Luna tendremos:

Tabla 1. Información sobre la Tierra y Luna en notación científica

Diámetro terrestre	$1.2x10^4$ km.
Diámetro lunar	$3.4x10^3$ km.
Distancia Tierra-Luna	$3.8x10^5$ km.

Usando sólo los exponentes, es más fácil hacer las comparaciones. Vemos por ejemplo, que casi caben 100 (10^2) Lunas entre nuestro planeta y su satélite. Esto lo podemos calcular rápido al restar el exponente 5 de la distancia, al exponente 3 del diámetro lunar. Si nuestra nota, artículo o libro usara grandes cifras de manera constante, valdría la pena tomarse un momento para explicar y ejemplificar la notación científica con la finalidad de hacer más sencilla la comprensión del texto y la retención de información.

Una banana como escala

Es común ver, en distintas páginas de internet, que se incluya una banana en fotografías como referencia de tamaño, esto por ser un objeto bastante conocido. Ahora, si bien no todas las bananas tienen el mismo tamaño, podemos tener una buena idea del tamaño promedio de esta fruta, lo cual suele ser suficiente.

En lo personal, fue hace más de veinte años que tuve la necesidad de contar con una escala cotidiana que me permitiera traducir cierta información a un lenguaje más coloquial. Fue durante los primeros meses del año 1996 que el cometa Hyakutake hizo su aparición en el cielo nocturno dando un gran espectáculo. El cometa fue descubierto por un astrónomo aficionado que usaba unos binoculares que no eran comunes y corrientes, eran unos de gran tamaño que necesitaban toda una mecánica de soporte por el peso y que obviamente su costo era alto, comparable al de un automóvil pequeño. Durante esa temporada, junto a unos compañeros realizamos observaciones astronómicas públicas para que las personas pudieran disfrutar de este espectáculo. Una de esas noches como estuvo nublada suspendimos la observación y cerca de medianoche, fuimos a un programa de radio para continuar la divulgación de este hecho astronómico. El conductor, entusiasmado por la información que le entregábamos respecto a las características de los binoculares de repente nos pregunta

– Pero bueno, con el dinero que cuestan estos binoculares, ¿cuántas cervezas podríamos comprar? En ese momento rápidamente hicimos la conversión de dólares a pesos mexicanos y lo dividimos por el costo de las cervezas.

Esa experiencia me convenció de la necesidad de contar con herramientas y ejemplos simples, sobre todo al hablar de tamaños, pesos o longitudes, para que la mayoría de las personas pueda relacionar esa información con su vida cotidiana. A continuación se presentan dos tablas (2 y 3) que pueden servir de guía para construir un sistema propio de conversión.

Tabla 2. Equivalencias de longitud

20 cm.	1 banana
30 cm.	1 mosaico
2 m.	Altura del marco de una puerta, longitud de una cama
3 m.	Altura de un elefante africano
10 m.	Altura de plataforma olímpica de clavados
1 km.	10 minutos a pie

Tabla 3. Equivalencias de peso

1 kg.	1 litro de leche
4 kg.	1 galón de leche
20 kg.	1 garrafón de agua
30 kg.	1 perro tamaño mediano-grande (pastor alemán, labrador)
40 kg.	1 saco de cemento
500 kg.	1 "vocho"
5 toneladas	1 elefante africano

¿Cuántos elefantes pesa la Luna?

Para cerrar, usaremos la información de la tabla anterior sobre el peso de un elefante africano que son 5 toneladas. Ahora, lo expresaremos en notación científica, $5x10^3$ kg. Consultando rápidamente el sitio web de *Wikipedia,* podemos ver que la Luna tiene una masa de $7.3x10^{22}$ kg. Al cruzar estos dos datos podemos calcular que la Luna es aproximadamente 10^{19} = 10,000,000,000,000,000,000 elefantes africanos. Si tratamos de acomodar a tanto elefante para visualizarlo, podríamos formar un cubo de casi dos y medio millones de elefantes por lado, lo cual sería un mundo de elefantes ¡literalmente! Si cada elefante mide aproximadamente 5 metros de longitud, nos daría que ese cubo tendría un tamaño de más de 12,000 km de largo. Prácticamente lo mismo que el diámetro de nuestro planeta; es decir, que si la Tierra fuera hueca y la llenáramos de elefantes, pesaría casi lo mismo que la Luna. ¿Podemos imaginar eso?

Quizá el nombre que se escogió para el título del artículo no fue el más adecuado para simplificar la representación de la masa de la Luna, pero los que crecimos en el milenio pasado tenemos muy grabado un comercial donde para expresar la capacidad de un vehículo, el locutor exclamaba "¡carga hasta un elefante!", por lo cual es una referencia rápida y conocida. Lo más importante al final de esta reflexión, es saber si el lector se encuentra lo suficientemente curioso para buscar su propia escala de comparación y mejorar mis ejemplos. Eso sería fantástico.

Referencias bibliográficas

Allen, J. (1988). *Innumeracy: Mathematical Illiteracy and its Consequences.* Boston, Estados Unidos: Holt Mcdougal.

Everett, G. (2006). *How to Lie with Charts.* Charleston, Estados Unidos: BookSurge Publishing.

Fujinami, N.; Koga, T. and Morishima, H. (2000). External Exposure Rates from Terrestrial Radiation at Guarapari and Meaipe in Brazil. *10º International Congress of the International Radiation Protection Association* (IRPA). Hiroshima, Japan; 14-19 May.

Semblanzas de los autores

Dr. Roberto Vázquez-Muñoz

Divulgador científico, académico y bioartista. Biólogo de formación, es Doctor en Ciencias, en Física de Materiales. Sus áreas de investigación son nanomateriales antimicrobianos y nanotoxicología ambiental.

Su enfoque de investigación es en bionanotecnología aplicada a los sectores clínico, veterinario y agropecuario. Su trabajo se ha presentado y publicado a nivel nacional e internacional.

Es Miembro de la Sociedad Mexicana de la Divulgación de la Ciencia y la Técnica. Como divulgador, realiza locución y producción radiofónica, y redacción de textos científicos. Imparte conferencias y talleres de temas de ciencia, tecnología y de educación ambiental. Colabora activamente con instituciones académicas nacionales y extranjeras, museos de ciencias, y con otras organizaciones no gubernamentales. Como bioartista, es parte del ensamble Sonat vitae, con un performance que combina ciencia y arte.

Ha recibido distinciones por diferentes grupos, como el reconocimiento por parte de Rotary International, por su labor en la divulgación de la ciencia (2011) y el premio Estatal de la Juventud (2012), en el área de Ciencias, por parte del Gobierno del Estado de Baja California.

Dr. Fernando Ávila Castro

Realizó sus estudios de licenciatura y posgrado en la Universidad de Sonora en el campo de la Física con especialización en Astrofísica.

Ha realizado actividades de divulgación por más de 20 años, realizando programas de radio, pláticas a escuelas y cápsulas de información para periódicos, radio y televisión, y observaciones públicas masivas.

Sus trabajos de investigación se han presentado en congresos nacionales e internacionales y ha publicado en la Revista Mexicana de Física.

Trabajó del 2004 al 2010 como responsable del Observatorio Astronómico del Centro Ecológico de Sonora. También ha sido profesor en la Universidad de Sonora y en la UNAM.

Actualmente trabaja en el Observatorio Astronómico Nacional del Instituto de Astronomía de la UNAM, donde realiza diferentes actividades relacionadas a la Contaminación Lumínica y la Ley del Cielo vigente en el estado de Baja California. Ganador de un premio de International Dark-Sky Association como Defensor de Cielos Oscuros en el 2016.

Dra. Paloma Rodríguez Valenzuela

Egresada de la Licenciatura en Diseño Gráfico de CETYS Universidad campus Mexicali con estudios de Maestría en Digital Media Design - Diseño Multimedia en la ciudad de Barcelona, España. Actualmente Profesora de tiempo completo en la Licenciatura en Diseño Gráfico de la Facultad de Arquitectura y Diseño UABC Mexicali y Coordinadora de Formación Básica y Tronco Común en esta Institución. En cuanto al desarrollo profesional, copropietaria y Directora de Arte del estudio de diseño Blablau. Por último, estudiante del Doctorado en diseño y visualización de la información en la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco en el cual ha desarrollado investigaciones en base a la utilización de dispositivos móviles y Realidad Aumentada como herramientas inmersivas de aprendizaje y facilitadoras de la interacción dentro del aula.

C.Dra. Carolina Medina Zavala

Licenciada en Diseño Gráfico Publicitario egresada de la Universidad del Valle del Fuerte, UNIVAFU Los Mochis, Sin., tiene una Maestría en Educación con orientación en Desarrollo Organizacional egresada del Centro de Enseñanza Técnica y Superior, CETYS Mexicali, además una Maestría en Diseño Gráfico Digital egresada de la Universidad Iberoamericana, IBERO Tijuana y recientemente ha terminado el Doctorado en diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana, UAM unidad Azcapotzalco en México, D.F. dentro de la división de Ciencias y Artes para el Diseño, con línea de investigación en Desarrollo de Nuevos Productos.

Asimismo es profesora de tiempo completo en la Facultad de Arquitectura y Diseño (FAD) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) campus Mexicali, tanto en las áreas de medios impresos como en el diseño editorial y la preprensa; también es Coordinadora del Departamento Buró de diseño, Coordinadora de Vinculación de diseño gráfico y responsable del Laboratorio de preprensa de la Lic. en diseño gráfico.

M.A.V. Martha Patricia Alcaraz Flores

Académica de tiempo completo en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California, con asignaturas asociadas a la historia de la comunicación gráfica. Maestra en Artes Visuales por la Escuela Nacional de Artes Platicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, y Licenciada en Ciencias de la Comunicación por la Universidad de Sonora. Con una línea de trabajo que versa entre la comunicación visual, el diseño gráfico, el análisis de la imagen y los estudios visuales, enfocados a la divulgación de la ciencia y la cultura. Con participación activa como miembro de la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica, y en el desarrollo de campañas de mercadeo y promotoria de grupos indígenas y rurales del noroeste del país.

M.C. José R. Roa

Maestro en Ciencias por la Universidad Autónoma de Baja California, egresado de Ing. en Sistemas Computacionales del Tecnológico de Mexicali. Ha participado en congresos nacionales e internacionales como ponente en el área de Cómputo Ubicuo e Interacción Humano computadora. Actualmente labora como Técnico académico de tiempo completo de la Facultad de Arquitectura y Diseño, U.A.B.C. Campus Mexicali, con asignaturas asociadas a programacion WEB, matemáticas para el diseño e informática básica.

M.D.G.D. José Ramón Rodríguez Esquer

Académico con la Licenciatura en Diseño Gráfico, CETYS Universidad y una Maestría en Diseño Gráfico Digital, Universidad Iberoamericana. Actualmente labora como Profesor de tiempo completo de la Facultad de Arquitectura y Diseño, U.A.B.C., Campus Mexicali, donde se desenvuelve en actividades docentes así como apoyo en diferentes áreas y proyectos de apoyo relevantes a la Facultad. Además es diseñador independiente.

Ventanas a la divulgación científica:
Miradas desde el diseño, la comunicación y las artes.
Se terminó en noviembre de 2018.
La edición es para libro digital de descarga.
Para su composición se usaron las fuentes
tipográficas Gandhi Sans y Gotham.

ISBN: 978-607-607-502-9