



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ARTES PLÁSTICAS

“Planeación y creación de Textos visuales para la comunicación de la ciencia”

Tesis

Que para obtener el título de:

Licenciada en Comunicación Gráfica

Presenta

Aline Guevara Villegas



**DEPTO. DE ASESORIA
PARA LA TITULACION
ESCUELA NACIONAL
DE ARTES PLASTICA
XOCHIMILCO D.F.**

Directora de tesis: Mtra. Patricia Vázquez Langle

México, D.F., 2005

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

m. 346491



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Planeación y creación de textos visuales
para la comunicación de la ciencia

Aline Guevara Villegas

Tesis de licenciatura
Comunicación Gráfica
ENAP/UNAM, 2005



Agradezco a dos personas que cambiaron mi vida profesional: a Julieta Fierro, quien me introdujo sin dudar un momento a la comunidad de divulgadores, y a Martín Bonfil Olivera, quien, una vez estuve dentro, me ha apoyado en todo momento. Martino, te considero mi maestro y mi amigo. Gracias, de igual forma, a todos mis apreciados amigos en esta comunidad, quienes permitieron que mi formación como divulgadora se conjugara con las charlas más sabrosas de que uno pueda disfrutar: Sergio de Régules, María Emilia Beyer, Susana Biro, Estrella Burgos, Concepción Ruiz, Rolando Ísita, José Manuel García Ortega, Carmen Sánchez, Martha Duhne. A mis amigas, compañeras en el mismo dolor -o gusto: Isabelle Marmasse y Atenayhs Castro. A mis compañeras de viaje, Mónica Genis y Libia Barajas: gracias por permitirme servirles de polizón. Gracias a Luis Estrada y a Ana María Sánchez Mora por su apoyo y confianza. Debido a que mis amigos atrajeron nuevos amigos, agradeceré a estos otros, con quienes el café también se convirtió en fortuna y a quienes me aprecio de considerarlos ya mis amigos: Gerardo Gálvez-Correa, Beatriz Loria, Claudia Loaiza y Miguel Alcubierre. Al amigo con quien comparto las confusiones filosófico-divulgativas, Mario Mendoza. A mi grupo de poetas divulgadores: Gertrudis Uruchurtu -a quien agradezco enormemente su cariño y amistad-, Catalina Everaert, Maricarmen López Segovia y José Antonio Navarro. A mi querida Claudia Hernández, otra compañera de aventuras.

Gracias a mis amigos con quienes laboro, y de quienes he aprendido mucho sobre otros aspectos de la divulgación. A todo el Departamento de Multimedia: Emilio Allier, Jorge Trejo, Germán Alvizuri, Eduardo Sacristán, Adriana 'Nena' López y al boss Manuel González Casanova Almoína. Gracias en verdad por permitirme ser parte del equipo. Sobre todo, gracias a mi Annie Navarrete, amiga en las buenas y en las malas, y con quien doy rienda suelta a mi *fashion sense*. También a Ruth Briones, compañera epistémica y querida amiga. A mis otros amigos de otros departamentos: Salvador Gutiérrez, Jimena Reyes y Lourdes Guevara -¡quien a lo mejor es mi prima! Gracias también a Arturo Orta y a Maricarmen Álvarez.

Otros a quienes hay que agradecer es a mi *numerosa* familia. Ya he mencionado a las dos más importantes. Dedico mi vida y mi mente a ellas. Son mi ejemplo y mi fortaleza. Son la fuente de toda mi existencia. Gracias mamá y gracias, si hubiera estado para escucharme, abuela. Ahora eres polvo de estrellas. La vida fue otra desde que partiste. .. Agradezco también a mi *sisterna*, Totila, con quien he compartido más de lo que imaginé. Gracias a mis primos, que resultan ser mis mejores amigos. Agradezco en especial a Arturo García y a Irma García por su eterno apoyo durante toda mi formación profesional. Gracias a todos mis tíos -especialmente a mi tío Edgar Villegas, quien me llevó y me trajo, y fungió de papá por años y años-, y a todas mis tías, quienes fueron extensiones de mamás. Gracias tía 'Karlita' Villegas por ser quien fuiste durante toda mi infancia y quien eres hoy. No puedo omitir a un ser que ha compartido estos últimos veinte años de mi vida. Ha aguantado conmigo los desvelos de la carrera y de la vida. Puedo decir que es uno de mis más queridos amigos. Es mi compañía y mi amor más puro: mi amigo, mi *Felis domesticus*, Juan.

A mis amigos de la ENAP: a Zuleika Hermoso, sin quien no hubiera podido cursar el primer año de la carrera. Gracias amiga. A Julio Toledano, *Bruder* de mi corazón, gracias de verdad por todo. A mis otros amigos: Rodrigo Mascareño, Israel Hernández, Daniel Herrera, Cristóbal Henestrosa, Jonathan González, Luis Novoa y en general, a todos mis cuates enapos. Espero seguir disfrutándolos por un buen rato más. A mis profes Jorge Álvarez, Patricia Vázquez Langle, Arturo Rosales, Patricia Cerecedo y Patricia Soriano por modificar, en el otro sentido formativo, mi vida. Agradezco a los profesores de secundaria, especialmente a Víctor Linares, quien virtió la última gota en el vaso de mi gusto por la ciencia. Se puede decir que soy divulgadora por su culpa.

A Eliana Torres-Muga Feijoo, *mi partner in crime... y'know*. A Leonardo Flores, mi niño precioso, amigo querido. A Omar Mundo... Vamp, quédate, ¿sí?

Sólo puedo decir una cosa a todos. Soy sumamente afortunada por tenerlos en mi vida.

PARTE I

El lugar de los comunicadores visuales en un proyecto de comunicación de la ciencia.

Los problemas de la multidisciplina

1.1. Panorama para la comunicación en general. Génesis de un proyecto de comunicación de la ciencia	11
1.1.1. Los problemas que surgen entre comunicadores visuales y otros involucrados en la comunicación de la ciencia	13

PARTE II

Cuatro puntos de referencia para todos:
la comunicación de la ciencia y sus reflexiones
(o lo que todo comunicador de la ciencia debiera conocer)

2.1 Segunda responsabilidad: el panorama general de ciencia	21
2.1.1. La utilidad de un panorama general de ciencia para justificar un texto visual. Un ejemplo: propuesta de cómic “Habitantes del mundo cuántico”.	22
2.1.2. Dos caminos: uno con suficiente conocimiento científico, y otro sin él. Opciones de acción del comunicador visual y opciones de un comunicador visual de la ciencia	36
2.1.3. La metodología de diseño no resuelve los problemas de contenido temático sobre ciencia. El caso de “Habitantes del mundo cuántico”	38
2.1.4. Reflexiones y definiciones de <i>conceptos de diseño</i> que el comunicador visual con un panorama científico puede hacer para crear el texto visual. La mecánica cuántica como ejemplo	40
2.1.4.1. La incomunicabilidad: problema compartido por la comunicación de la ciencia y la comunicación visual. Soluciones presentadas para disminuir la distancia entre el cómic y su público	40
2.1.5. Otras ventajas que proporciona el panorama general de ciencia	42
2.2. Tercera responsabilidad: la comunicación de la ciencia	45
2.2.1. La comunicación de la ciencia es un discurso primario con pertinencias propias	48
2.2.2. ¿Qué <i>no</i> es?	50
2.2.3. ¿Para qué comunicar ciencia?	51
2.2.4. Definiciones, definiciones... ¿Alguien sabe qué es comunicación de la ciencia?	52
2.2.5. Cuatro modelos de comunicación de la ciencia	53
2.3. Disciplinas que enriquecen el discurso de comunicación de la ciencia	59
2.3.1. La literatura	59
2.3.2. La psicología	60
2.3.2.1. La teoría del procesamiento humano de la información	61
2.3.2.2. La teoría cognitiva de Norman	62

2.3.2.3. La teoría de la <i>Gestalt</i>	63
2.3.2.4. Los problemas de los planteamientos anteriores	64
2.3.2.5. La epistemología genética	65
2.3.2.5.1. Manipulación motriz o transformación cognitiva: el problema de la interacción	67
2.3.3. La pedagogía	68
2.3.3.1. Planteamientos pedagógicos paralelos a modelos de la comunicación de la ciencia	68
2.3.3.2. Atención y aprendizaje. Estrategias cognoscitivas de valor para fomentar el aprendizaje	71
2.3.4. Lingüística y comunicación	73
2.3.4.1. Para guiar la interpretación del texto: el Lector Modelo y las estrategias discursivas	75
2.3.4.2. La contextualización del texto	75
2.3.4.3. La modalidad en las distintas escuelas de comunicación	76
2.3.4.4. Yo, comunicador (de la ciencia), tú ¿interlocutor?	78
2.4. La interacción como recurso en común: una metodología de trabajo para generar y analizar textos visuales	85
2.4.1. El texto innecesario. Cuándo no tiene caso el uso de un texto visual	86
2.4.2. La alfabetidad visual y el aprendizaje de las ciencias	87
2.4.3. El texto visual como materialización de modelos mentales y generador de modelos mentales	87
2.4.3.1. El papel del texto visual en la apropiación de modelos mentales	89
2.4.3.2. Materialización del modelo mental con el texto visual	91
2.4.4. Para quiénes una imagen vale más que mil palabras	93
2.4.5. Los textos visuales y su potencial para <i>afirmar</i> . Retrato del desperdicio de una imagen	94
2.4.6. Demanda e interactividad	95
2.4.6.1. La interactividad en los juegos de video: una propuesta de los niños <i>Nesa-Pong</i>	97
2.4.6.2. Los juicios de valor del lector como indicadores del nivel de interactividad y su relación con tres tipos de <i>enunciaciones</i> que conforman el contenido de todo texto para comunicar ciencia	98
2.4.6.2.1. El guión literario como evidencia del nivel de interacción.	100
2.4.6.3. A reconstruir significados: interactividad es <i>sentido</i> para el interlocutor	101
2.4.7. Análisis y creación de algunos textos visuales para comunicar ciencia: su potencial interactivo	102
2.5. Cuarta responsabilidad: la imagen de ciencia como concepto. Detrás de toda comunicación de la ciencia hay una postura filosófica	111
2.5.1. La filosofía de la ciencia	113
2.5.2. La historia de la ciencia	119
2.5.3. La sociología de la ciencia	121
2.5.4. Seamos medidos: no todo es relativo. Una imagen de ciencia más justa	124
2.5.5. La influencia de estas disciplinas en la representación del concepto de ciencia en un texto visual: <i>Gravedad</i>	125



Tesis y argumentación

Ya en otros espacios se ha discutido sobre el problema que representa para los comunicadores de la ciencia -casi siempre formados en ciencias- y científicos recurrir a la colaboración de los comunicadores para poder materializar sus proyectos. Desgraciadamente, estos espacios sólo se limitan a exponer la situación de manera somera y superficial -pues el tema no es objeto principal de sus reflexiones- y a recetar soluciones sin llegar a determinar cuál es el origen de semejante situación. Por ende, el resultado obtenido en los intentos por mejorar la relación de multidisciplinariedad -con base en tales recomendaciones- entre comunicadores, científicos y comunicadores de ciencia, no siempre es afortunado.

En cinco años de experiencia como colaboradora de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC) de la UNAM, he podido presenciar el proceso de trabajo dentro del cual trabajan los comunicadores visuales¹: para qué son requeridos, con cuáles expectativas, en qué momento y los resultados obtenidos. Con tal antecedente trataré de exponer en el presente estudio la tesis siguiente: la formación en comunicación visual no es suficiente cuando lo que se espera de los comunicadores visuales no sólo es contribuir a la materialización de proyectos de comunicación científica, sino también generar propuestas visuales novedosas apegadas a los temas científicos, propuestas que además tomen en consideración los estudios de disciplinas que actualizan la imagen de ciencia como concepto².

Por lo tanto se discutirán en primer lugar los detalles de desencuentro entre comunicadores visuales y comunicadores de ciencia (o científicos que hacen comunicación de la ciencia)³. Con esta panorámica estableceré un marco contextual que ayude a precisar los puntos a abordar y resolver. A continuación, se enunciarán los distintos requerimientos y contextos que debiera tener el corpus formativo de un comunicador visual -que desee ser comunicador de la ciencia- y por qué debieran contenerse dentro de sus recursos como profesional de la comunicación de ciencia⁴. Cada punto será ilustrado con proyectos de comunicación científica desarrollados en la DGDC durante el período 2001-2004:

- *Un panorama científico amplio y actualizado.* No se trata de que el comunicador visual sea un experto, pero sí de que se sienta cómodo al enfrentarse a un **tema científico dado**. Se expondrá por qué la metodología de **diseño en general** no es suficiente para enfrentarse a los temas de ciencia.

PLANEACIÓN Y CREACIÓN DE TEXTOS VISUALES PARA LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

Algunas precisiones

- *Conocer las pertinencias del discurso de comunicación de la ciencia.* El comunicador visual debe ser capaz de reconocer las diferencias entre el discurso de comunicación de ciencia y el discurso científico y darse cuenta de que la comunicación de ciencia es un discurso primario, no secundario a la ciencia. Sólo así puede entender que la naturaleza de los recursos del comunicador científico proviene de los temas científicos y también de disciplinas como la literatura, la pedagogía, la psicología, la lingüística y la comunicación⁵. Además, el comunicador visual debe conocer los tópicos sobre los que la comunidad de comunicadores de ciencia reflexiona para poder mejorar la forma, el contenido y la estructura discursiva de sus textos visuales. Sin tales reflexiones, la comunicación de ciencia se confunde, por ejemplo, con la propia ciencia y con la enseñanza. Peor aún, se desconocen los objetivos de la comunicación de ciencia contemporánea y se confunden con aquéllos de la ciencia, la enseñanza y el entretenimiento.

* *Los comunicadores visuales son capaces de generar metodologías para analizar y desarrollar textos visuales para la comunicación de la ciencia cuando conocen su discurso.* Como parte del punto precedente, expondré un caso particular en el cual la revisión de algunas de las disciplinas enunciadas en el párrafo superior generó una incipiente metodología para analizar el papel que los textos visuales juegan en el discurso de la comunicación de la ciencia y para crearlos. Se aborda, dentro de esta metodología en particular, la capacidad interactiva de los textos visuales con tema de ciencia. De esta manera se advierte que los textos visuales no son secundarios ni, mucho menos, parasitarios al texto escrito. Sus potencialidades como texto independiente son afirmadas. Finalmente, se explica cómo fue que tal metodología ayudó a configurar la ilustración que se presenta.

Se perfilará la idea de que, para hacer contribuciones sustanciales a la comunicación de la ciencia, se necesita más que la formación inicial como comunicador visual. Después de todo, tal formación no aborda las pertinencias del discurso de comunicación de la ciencia.

- *Considerar la imagen de ciencia que se retrata.* Hay un tema que en especial ha preocupado a los más actualizados comunicadores de la ciencia: la imagen de ciencia que se refleja con cada proyecto. Un comunicador de la ciencia contemporáneo debiera saber que detrás de toda comunicación de la ciencia hay una postura filosófica sobre ciencia anexa –asumida consciente o inconscientemente.

Tanto educadores como comunicadores científicos han influido a lo largo del tiempo en la manera en como

la gente percibe y describe la ciencia. La cuestión resulta de suma importancia cuando nos damos cuenta de que la imagen de ciencia que se tiene comúnmente es superficial, irreal y caricaturizada. Y en efecto, un comunicador visual no tiene por qué conocer tal situación y más aun, *no tiene por qué ser consciente de su propia imagen de ciencia*, pues nunca se presenta tal reflexión dentro de su currículum formativo inicial.

Ciertas disciplinas han abordado el estudio de la construcción y el desarrollo de la ciencia como representación de la realidad y como comunidad social, así como el papel que desempeña dentro de la sociedad y dentro del conjunto de representaciones del mundo. Estas disciplinas son la historia, la sociología, la filosofía de la ciencia y los estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad (CTS). Cada una de ellas ha re-configurado la imagen de ciencia. Desconocer las reflexiones al respecto puede exponer al comunicador visual a la ingenuidad, al prejuicio y a la caricaturización de la ciencia, pero más aun, genera una imagen de ciencia perjudicial para la propia ciencia.

Por último se expondrá un ejemplo de cómo la reflexión en este sentido afecta la manera de abordar un proyecto de comunicación visual de ciencia: las soluciones a las que un comunicador visual pueda llegar con y sin este conocimiento son radicalmente distintas, pues la definición de ciencia *como concepto de diseño* en uno y otro estado también lo es.

CONCLUSIÓN

Ésta se divide en dos partes:

- Primero, esbozaré los dos papeles posibles que un comunicador visual puede jugar en la materialización de un proyecto de comunicación de ciencia: a) como comunicador visual al servicio de la comunicación de la ciencia o, b) como comunicador visual de la ciencia. Cada uno de estos personajes tiene responsabilidades distintas dentro de la comunicación de la ciencia.

- Expondré una panorámica de la formación de un comunicador de ciencia. En esta panorámica se resume el conjunto de disciplinas que configuran la especialidad en comunicación de la ciencia. En este conjunto está inscrita la comunicación visual como referencia para construir el texto, para elegir el medio, vista como un recurso.

En efecto, la comunicación de la ciencia es una *especialización* que requiere de un sustrato. Y un buen sustrato para comenzar puede ser la comunicación visual.

LÍMITES DE ESTA TESIS

Antes que nada me gustaría definir el carácter de esta tesis. El cuerpo del trabajo trata del análisis de la problemática a la que se enfrentan los comunicadores visuales durante un proyecto de comunicación de la ciencia. Por tanto retrata específicamente cada problema e intenta hacer una reflexión respecto a posibles soluciones.

Debo aclarar, entonces, que esta tesis no considerará problemas *que se asume ya tiene resueltos el comunicador visual*. En esta tesis se admite que el comunicador visual ya ha afrontado durante su formación la parte que resuelve la *forma* del diseño para comunicar ciencia. Por lo tanto esta tesis no trata sobre cuestiones de forma⁶. El presente trabajo se enfoca, sobre todo, en asuntos de *contenido* del diseño para comunicar ciencia, en la conceptualización de los textos visuales para comunicar ciencia.

Esta tesis no es para iniciar a alguien en los asuntos de la comunicación visual. Es una tesis que intenta forjar los primeros pasos para la especialización en comunicación visual de la ciencia, y por ello no es una tesis para principiantes en comunicación visual. Es una tesis que esboza cómo puede especializarse a comunicadores visuales en comunicación de la ciencia.

Sobre la definición de comunicación de la ciencia

Hay dos maneras de definir a la *comunicación de la ciencia*, una conveniente para esta tesis, y otra que no:

- Nos conviene la definición de comunicación de la ciencia como proceso de comunicación, en el cual se explicita la posibilidad de intercambiar la posición del destinatario por locutor, y viceversa. En esta definición el lector del texto con tema científico -sea visual o de otro tipo- es co-generador del texto, es decir, es también autor. El problema que tiene esta definición es que carece de la precisión con respecto a su destinatario y su fin. Tal precisión nos es necesaria, pues esta tesis se enfoca a aquella comunicación de la ciencia para público en general y sin fines educativos.

Por lo tanto, la definición que no nos conviene de comunicación de la ciencia es aquella que abarca a todo el conjunto de ejercicios comunicativos que tratan de ciencia, sea cual fuere el propósito y el destinatario. Dentro de esta definición se incluyen el discurso pedagógico (enseñanza de la ciencia), el discurso de divulgación (para un público general y sin fines educativos) y de difusión (de corte informativo para iniciados en ciencia, y de tipo especializado).

- Esta tesis no trata de aquéllos ejercicios de comunicación de la ciencia distintos al enmarcado por el término divulgación. En este sentido, entonces sería mejor utilizar el término *divulgación de la ciencia* -término que utilizan los estudiosos franceses.

Sin embargo, tal término tiene también un inconveniente: algunos estudiosos -sobre todo del ala inglesa- han rechazado el término *divulgación de la ciencia* porque argumentan que excluye precisamente el circuito de comunicación antes descrito: el divulgador -suerte de experto que sabe de qué habla- se dirige a un público lego, al *vulgo* (de ahí la palabra *divulgación*), que no sabe de qué se le habla y que por lo tanto, no tiene referentes al respecto; y sin referentes, el receptor no puede contribuir en nada. Sólo puede ser eso, receptor del conocimiento. En este proceso no hay una respuesta, no hay un referente, no hay un código compartido, y por ello el código se establece únicamente desde el lado del emisor, quien presupone al código del receptor (formado en lo cotidiano) de menor sustancia que el código de corte científico. Sin embargo, el argumento más fuerte en contra de la palabra *divulgación* no es de índole terminológico, sino *histórico*: durante mucho tiempo -desde el surgimiento de la divulgación de la ciencia como respuesta al nacimiento de la ciencia moderna en el siglo XVII, hasta principios del siglo XX- tal ejercicio comunicativo se proyectó, en efecto, considerando a la gente como lego y al divulgador como experto.

- Queda demostrado, pues, que conviene delimitar el término para este trabajo. En vista de que es una tesis de comunicación visual, debe dar prioridad a las consideraciones originadas en teorías comunicativas. Éstas ya han dejado manifiesto que no hay tal cosa como un proceso comunicativo con emisores y receptores estáticos y estancos, donde el receptor es un ente pasivo e indefenso que no posee referentes para interpretar lo que se le dice. De hecho, no hay tal cosa como una interpretación desprovista de referencia. Por lo tanto, se adoptará el término de *comunicación* sobre el de *divulgación*. Pero debo precisar que queda excluida la definición abierta de comunicación de la ciencia. Restringamos, pues, el término considerando únicamente al público en general -que si, incluye también a los científicos⁷- y que no tiene fines educativos, en el cual se asumen ambos miembros del proceso comunicativo como *interlocutores en un intercambio de discursos*.

Los textos visuales

Los textos visuales que sirven para explicar cada uno de los puntos se realizaron durante el período 2001-2004 para la DGDC. Específicamente, para dos subdirecciones: la Subdirección de Museos (proyectos para museo, en Universum, Museo de las Ciencias) y la Subdirección de

Medios Escritos (del cual se extrajo el trabajo hecho para la revista “¿Cómo ves?” y el proyecto “La ciencia de Boletín”).

- El rango de tiempo se eligió por dos razones: el primer año de mi colaboración en la DGDC fue como servicio social. Durante el primer año no sólo comenzaba a familiarizarme con el tema de comunicación de ciencia -y por lo tanto no había sustento para la reflexión profunda-, sino que la labor que realicé durante ese tiempo fue como apoyo a proyectos que ya estaban encaminados y planeados, y de los cuales no conocí ni el principio, ni la estructura, ni su finalidad. Por ello he eliminado el trabajo hecho en 2000. El trabajo hecho durante 2005 no ha sido concluido, y por lo tanto también queda fuera de este estudio.

- Sólo hay textos visuales creados para esta dependencia porque me es posible conocer la manera como se proyectan, se producen y se terminan los productos de comunicación de la ciencia en este lugar. Debido a que yo misma he trabajado en la realización de éstos y otros proyectos, puedo hacer una panorámica más o menos aproximada de la forma de trabajo del sitio, pues he trabajado con los actores que producen las ideas y con aquéllos que las materializan; conozco la entrada y salida de cada uno de los involucrados dentro del proceso y las relaciones de multidisciplinariedad que se generan. Si bien sé de la forma de trabajo de otros sitios, no me atrevo a utilizar tal información como referencia de mis argumentos, pues es información que sólo se ha discutido a nivel de charla, de anécdota, o comentario. Es decir, no dispongo de información de primera mano. Sin embargo, debo apuntar que tal información ha surgido en sitios de corte académico como seminarios y coloquios en comunicación de la ciencia, en los cuáles se han discutido los problemas de la multidisciplinaria sobre ejemplos concretos en revistas de comunicación de la ciencia.

- Los textos visuales elegidos fueron creados por mí, únicamente, o en conjunto con el Departamento de Multimedia de la DGDC, con el cual colaboro. De tal suerte que puedo conocer de primera mano los distintos procesos internos de diseño y comunicación de ciencia, por una parte, y las presiones externas ejercidas, por otra. Dejo fuera los textos visuales creados por otras personas debido a que no puedo afirmar nada concreto y comprobable sobre su intencionalidad, su proyectar, su proceso y sus reflexiones al respecto -o si, de hecho, se tuvieron.

Sobre los puntos tratados en la argumentación

- Los puntos definidos como necesarios para todo comunicador de la ciencia fueron tomados a partir de las preocupaciones que

la comunidad de comunicadores de ciencia ha abordado desde distintas perspectivas y foros, a saber: qué es; cuáles son sus objetivos y sus motivaciones; cómo se estructuran sus formas y sus contenidos: cuáles son sus recursos, sus medios; cuál es su relación con la ciencia y la enseñanza; cuál es su relación con el entretenimiento; cuál debiera ser la formación profesional de un comunicador de ciencia; cuál es la imagen de ciencia que representa; cuál es su relación con otras disciplinas que estudian sobre ciencia; si el comunicador de ciencia juega el papel de crítico de ciencia, y si es así, en qué sentido. Los problemas aquí enunciados se abordarán con diferencias en el grado de profundidad, y siempre bajo el criterio de la discusión principal: la manera en como un comunicador visual puede beneficiarse de tales reflexiones. Obedecen, también, en menor grado, a otro criterio: el conjunto de discusiones que se han hecho en torno a cierto punto dentro de la comunidad de comunicadores de ciencia.

- Hay ciertos tópicos que preocupan a esta comunidad y que requieren un apartado especial: la propaganda, la mercadotecnia y la publicidad, pues se tiene una idea prejuiciada y negativa de lo que cada una significa. Y si bien son relevantes para los propósitos de la comunicación de ciencia, quedan, si acaso, apenas insinuados en esta tesis, pues lo que intento hacer con ésta es puntualizar cuáles contextos formativos faltan al comunicador visual, *no cuáles ya tiene en su repertorio de conocimiento*. Si alguien sabe sobre los beneficios y perjuicios de la propaganda, la mercadotecnia y la publicidad en el contexto de la comunicación de la ciencia, es, precisamente, el comunicador. Los comunicadores han contribuido sustanciosamente al respecto con la comunidad de comunicadores de ciencia, pues han generado reflexiones acertadas y desprejuiciadas.

En vista de que generalmente los comunicadores de la ciencia presuponen a la propaganda, la mercadotecnia y la publicidad como algo nocivo, considero que constituyen el tema para una -otra- tesis de comunicación, pues se requiere de argumentación profunda para aclarar hasta dónde y en qué sentido pueden llevarse los recursos, técnicas y reflexiones de cada una en la comunicación de la ciencia.

- Dejo de fuera un problema que aqueja a los comunicadores de ciencia, no porque sea menor, sino porque de hecho, es mucho mayor, y amerita otro tipo de tesis: la evaluación de la comunicación de la ciencia. El tema excede las propuestas y reflexiones de este trabajo, pues si bien trata de comunicación de la ciencia, esta tesis está muy acotada a las cuestiones visuales de su discurso y la influencia que otras disciplinas pueden lograr en la concepción de los textos visuales de ciencia.

Con respecto a la evaluación de la comunicación de la

ciencia, las discusiones que se han hecho en varios foros me permiten vislumbrar que es un problema que requiere definir una metodología, retomar ciertos criterios -muy relacionados con los puntos que sí aborda esta tesis-, y decidir si los comunicadores de ciencia son más humanistas que científicos, o al revés, o mitad y mitad. Demasiado para una tesis que no tiene como propósito demostrar nada al respecto -si acaso algún día sirva, de manera indirecta, para llegar a un acuerdo.

Notas:

1 Me limito a una institución específica, pero no quiere decir que sea la única con una situación semejante. Durante este tiempo también he tenido la oportunidad de conocer a comunicadores visuales, comunicadores de ciencia y científicos que laboran en instituciones como el Instituto Politécnico Nacional, Papalote Museo del Niño y diversos museos de ciencias y universidades estatales. Al parecer, todas comparten la problemática expuesta.

2 Por cierto, imagén que luego el comunicador visual debe adoptar como concepto de diseño dentro de su metodología de trabajo.

3 Menciono tal precisión porque muchas veces se cree que la formación en alguna disciplina científica basta para poder abordar proyectos de comunicación de la ciencia con éxito. Más adelante se expresarán los argumentos por los cuales se considera que tal idea es un error. Tales argumentos servirán también como sustento para contrapuntear y extender la idea al caso particular de los comunicadores visuales: ser comunicador visual tampoco es suficiente.

4 Hay ciertos tópicos que especialmente preocupan -en mayor o menor grado- a la comunidad de comunicadores de la ciencia. Los temas abordados provienen de estas preocupaciones. Una revisión a las memorias de los congresos de la Sociedad Mexicana de la Ciencia y la Técnica son un buen lugar para descubrir los puntos que los comunicadores de la ciencia abordan con especial énfasis.

5 Revisese el subpárrafo correspondiente a este punto. En éste se presenta un ejemplo de cómo tales disciplinas afectan el resultado en la concepción de un texto visual.

6 Hay dos excelentes libros que dan cuenta de los asuntos de la forma en los textos visuales para comunicar información: *Envisioning information* y *Visual explanations*, de Edward Tufte. La referencia completa se encuentra en el listado bibliográfico de esta tesis.

7 Más adelante se ejemplificará este caso. La comunicación de la ciencia no sólo habla sobre algún tema de ciencia -es decir, el estudio de los fenómenos naturales-, sino sobre la ciencia en sí misma -como una representación del mundo que también es sujeto de estudio.

PARTE I

El lugar de los comunicadores visuales en un proyecto de comunicación de la ciencia. Los problemas de la multidisciplinaria

Se suele creer que la participación de todos los involucrados en proyectos de comunicación de la ciencia es siempre pacífica, agradable y fructífera. Cada quién sabe qué es lo que debe hacer y cuáles son sus responsabilidades.

Nada hay más lejos de la realidad. No es que la comunicación de la ciencia sea un campo de batalla constante, pero tampoco es el ejemplo de lo que debe ser una relación multidisciplinaria. Es idéntico a cualquier otro tipo de empresa que requiera de la intervención de personas con distintas formaciones y disciplinas¹.

Enfocaré esta primera parte a describir cómo es que la multidisciplinaria que requiere la comunicación de la ciencia puede acarrear problemas de planeación, producción y efectividad en sus proyectos, específicamente, cuando se requiere la integración de comunicadores visuales, porque no son ellos quienes determinan el concepto que habrá de dirigir a todos. ¿Quién debería hacerlo?

Un proyecto de comunicación de la ciencia empieza por una necesidad específica: un artículo en una revista, la planeación de un museo, la organización de un taller de verano. A veces, la propia necesidad puede definir de entrada en qué medio se va a generar cierto proyecto, así como el tema a tratar.

De cualquier manera, la necesidad inicial no explicita lo suficiente como para delimitar con precisión qué se va a decir acerca del contenido científico, ni para definir los requerimientos pertinentes con vistas a transformar la información científica en algo representable, en un medio concreto, para un público que, como sabemos, también tendrá que ser descrito, *delimitado*. Muchas veces tema y público se determinan con suposiciones: suponemos que los adolescentes deberían o desean saber sobre sexo, y suponemos que estarán dispuestos a leer un libro que hable de ello. Por basarse en tales supuestos muchos proyectos fracasan. La selección de temas, del medio que se va a emplear y la delimitación del público se debería hacer, *en casi todos los casos*², con base en parámetros registrados –un buen indicador de estos parámetros puede ser, por ejemplo, los resultados proporcionados por organismos como la OCDE³.

1.1. Génesis de un proyecto de comunicación de la ciencia

Panorama para los comunicadores en general

Las razones por las cuales se elige cierto tema pueden ser de lo más variadas. Casi siempre es un científico o un comunicador de la ciencia quien define el tema. Parece lógico **que así sea con respecto al científico**, pero después descubriremos que tal afirmación está basada en un prejuicio, *pues un científico no sabe cuánto habrá de modificarse el discurso de ciencia -de tipo abstracto- para hacerlo cotidiano -o sea, concreto- sin desvirtuar la información científica*⁴. Eso lo sabe mejor un comunicador de ciencia que se ha dedicado a reflexionar sobre cómo decir los temas de ciencia. Esto puede sonar superficial, pero pronto veremos que es una gran cantidad de trabajo la que implica realizar esto. Tomemos esto en cuenta como inicio para exponer la problemática.

Una vez seleccionado el tema, se debe comenzar por decidir qué se dirá sobre éste, y qué quedará fuera. Un proyecto de comunicación de la ciencia no debería abarcar todos los aspectos de cierto tema científico porque la comunicación de la ciencia *no intenta formar científicos*, sino despertar el interés, llamar la atención en cierto aspecto, resaltar elementos relevantes para la vida cotidiana, etc. La delimitación de aspectos de un tema la hace, por lo general, un comunicador de la ciencia o el propio científico. Pero de nuevo, que lo haga éste último no es la mejor solución. El científico puede conocer el tema a profundidad *pero no tiene por qué saber hasta dónde parar*, pues desconoce los objetivos de la comunicación de la ciencia –por ejemplo, que comunicar ciencia no es una enseñanza de la ciencia de tipo más simple que la impartida en un salón de clase. Y eso sí lo deberían

saber los propios comunicadores de ciencia –es parte de su responsabilidad saberlo. Vemos que, nuevamente, los ámbitos de competencia se invaden⁵.

El medio para comunicar

Después se debe decidir en qué y cómo expresar el tema. Si no se ha elegido un medio, se seleccionará cuál se utilizará y los asuntos *específicos para tal medio* –por ejemplo, una vez que se ha seleccionado la radio como medio, debe determinarse cuál de todas las posibilidades que ofrece puede convenir más a los propósitos del proyecto: ¿conviene una radionovela? ¿Un reportaje? ¿Acaso entrevistas?

En este momento entran al proyecto los comunicadores de formación. Sin embargo, no todo queda tan claro en el proceso: hay ocasiones en que los científicos y los comunicadores de ciencia deciden qué medio se utilizará sin consultar con los comunicadores de formación. Esto ya representa un problema de multidisciplina⁶. Pero hay un caso más grave: hay ocasiones en las que el comunicador de formación puede entrar al proceso de elegir un medio y su aplicación, pero lo que éste dice se toma como simple *recomendación* susceptible -o no- de ser considerada y puesta en práctica. Lo que el comunicador de formación diga con respecto a sus *propias áreas de competencia* se pone, si acaso, al mismo nivel que las *opiniones* del científico o el comunicador de ciencia. En efecto, estos personajes pueden saber todo sobre el tema científico, *pero no tienen por qué saber nada sobre medios pertinentes para comunicar algo específico, y cómo hacerlo*⁷.

No sólo los científicos y los comunicadores de ciencia invaden áreas de competencia. Hay veces en que los comunicadores de formación también lo hacen: emiten afirmaciones que no sólo tienen que ver con el medio y cómo decir algo en ese medio, sino *con respecto a cómo comunicar la ciencia*. El problema es que ellos no tienen por qué conocer el discurso de comunicación de la ciencia, ni tienen por qué ser conscientes de sus preconcepciones sobre ésta –es decir, que no hay razón que los haya forzado *a analizar cómo imaginan que es la ciencia*: ¿la panacea que resuelva todos nuestros problemas? ¿El quehacer de unos cuantos locos genios? ¿Lo que hace Jaime Mausán en sus ‘investigaciones’ sobre OVNIS?

Producción y materialización

Ya decidido el medio, se tiene que hacer un guión⁸, es decir, la espina dorsal para materializar el proyecto. En el caso de la comunicación de la ciencia, hacer un guión implica conocer

más que sólo el medio, pues además hay que entender las pertinencias del discurso de comunicación de la ciencia. Sin embargo, el comunicador de formación muchas veces los escribe y estructura sin el conocimiento de este discurso. Se da el caso, peor aún, en que el científico es quien escribe el guión –siendo un profesional que no tiene por qué saber sobre el discurso mencionado ni sobre cómo comunicar a través de un medio⁹.

Finalmente está la producción, realizada por comunicadores -muchos de ellos visuales-, museógrafos, editores, periodistas, es decir, personajes que puedan materializar el plan previo. Siempre está la presencia del comunicador de ciencia o el científico expresando objeciones que resultan muy útiles cuando tratan sobre *contenido*. El problema surge cuando las objeciones son sobre la *forma*: todos tienen objeciones y opiniones *no profesionales* sobre los tamaños de tipografía, paletas de colores, jerarquización de elementos –auditivos, visuales, etc. Todos, de repente, se autojuzgan diseñadores, videastas o gente de radio, aunque en su currículum profesional no haya habido referente alguno como para avalarlos al respecto. Nuevamente se invaden los ámbitos de competencia profesional.

Para cuando la producción finaliza, todos los problemas de la multidisciplina se materializan: los prejuicios sobre ciencia son evidentes, los proyectos tienen un sesgo aburrido y ajeno a la vida cotidiana, y en general, acaban siendo productos que no atraen a la gente hacia la ciencia: *la alejan todavía más*.

En resumen

Podemos advertir que el problema con el trabajo multidisciplinario está en la invasión de las áreas de competencia por desconocimiento de los alcances reales en la profesión y formación de los actores, es decir, qué pueden y qué no pueden hacer.

Vemos que las áreas de competencia se ven invadidas de esta manera:

1) Existe la idea de que la información científica es lo primordial en un proyecto de comunicación de la ciencia. Más adelante veremos que esto es erróneo. También se cree que la formación de científico es, de manera indirecta, suficiente para dirigir un proyecto de comunicación de ciencia. Por lo tanto, el actor que tiene más autoridad dentro del proceso es el científico. Por ello se presupone -no sólo lo hacen los científicos, sino también los otros actores- que éste puede opinar sobre áreas de competencia distintas a la suya: cómo hacer un proyecto de comunicación de la ciencia, en qué

medio y en qué términos. Es decir, el científico tiene el permiso implícito de emitir objeciones -sin fundamento- de contenido y de forma. Pero en realidad, el área de competencia de un científico dentro de un proyecto de comunicación de ciencia sólo se debería limitar a la asesoría con respecto a cierta parte del contenido: la información científica. Podemos afirmar que *en un proyecto de comunicación científica, el trabajo del científico es de asesor científico, no de director ni comunicador.*

2) El comunicador de ciencia -casi siempre formado en ciencias- ha tenido que desarrollar un medio para expresarse, y debe haber estudiado profundamente sobre el discurso de comunicación de la ciencia¹⁰. Sin embargo, eso no implica que el comunicador de ciencia conozca todo sobre comunicación, ni sobre todos los medios disponibles. Debe reconocer cuando necesita la ayuda de un comunicador de formación. Sus objeciones deben ser, cómo no, de contenido -entendido a tal personaje como la espina dorsal del proyecto. El límite de sus objeciones de *contenido* comienza cuando se mezclan con aquéllas pertinencias propias y particulares del medio -si es que lo desconoce. Bajo el mismo criterio, sus objeciones tampoco deberían orientarse a la *forma*.

3) El comunicador de formación cree que, por serlo, tiene disculpada la formación en comunicación de la ciencia. Si bien puede poner información clara, concisa y útil en cuestiones comunicativas, eso no implica que también pueda hacerlo con un tema como la ciencia. La comunicación de la ciencia tiene un discurso propio¹¹, y el comunicador no tiene por qué conocerlo por haber cursado una carrera en comunicación. Su área de competencia tiene que ver con el medio en tanto sus pertinencias de contenido *interno*, y con la *forma*.

Se ve que los problemas de la multidisciplinaria aumentan con el número de gente involucrada. Por ejemplo, aquél que desee escribir un artículo para una revista tiene poco problema si lo único que quiere es eso, escribir: tiene el medio, la concepción sobre comunicación de la ciencia, una idea de ciencia y el conocimiento científico que desee expresar en sí mismo -independientemente de la calidad de sus conocimientos. Pero sus problemas aparecerán si requiere ilustraciones para su artículo. Deberá trabajar con un ilustrador. Extendiendo la idea, no es difícil imaginar lo que implica, por ejemplo, planear la modificación de una sala de museo: en este caso necesitamos, cuando menos, de un comunicador de ciencia, un museólogo, un comunicador (experto en medios lingüísticos como el radio o la prensa escrita), un comunicador visual (experto en medios donde pondera lo visual) y quizá, un científico¹². Surgen entonces varias preguntas: ¿acaso todos definirán en conjunto la espina dorsal del proyecto?, ¿quién habrá de dirigir a quién?, ¿quiénes coordinarán a los equipos respectivos de locutores,

videastas, reporteros, comunicadores visuales, multimedios, museógrafos, carpinteros? Los problemas de multidisciplinaria son, en este caso, enormes.

Se puede llegar a la siguiente conclusión: el problema de la multidisciplinaria en la comunicación de la ciencia es que cada uno de los involucrados habla voces totalmente distintas. No comparten puntos de referencia para entenderse unos a otros. El único punto en común es, precisamente, *la comunicación de la ciencia*. Entonces, podemos concluir sin ambages que cada uno de los involucrados en definir la espina dorsal deben ser, aparte de comunicador, museólogo, físico o escritor, también *comunicador de la ciencia*. Sólo quien conoce el discurso de comunicación de la ciencia puede *dirigir* un proyecto de comunicación de la ciencia.

Pero entonces, ¿qué necesita saber un comunicador de la ciencia? Dejemos la respuesta como esbozo de lo que se verá a continuación: un comunicador de ciencia tiene como responsabilidad 1) manejar un medio para expresarse, 2) saber a profundidad sobre su tema científico en particular, y tener un panorama rico en temas de ciencia en general -lo que algunos llaman una “cultura científica”, 3) conocer las pertinencias del discurso de comunicación de la ciencia y 4) tener una noción informada de ciencia como *concepto*.

1.1.1. Los problemas que surgen entre comunicadores visuales y otros involucrados en la comunicación de la ciencia

La siguiente panorámica nos servirá para encontrar de manera más clara los problemas a resolver en la realización de textos visuales¹³ para comunicar ciencia. Los problemas se irán revelando a lo largo de la explicación de la realización del cómic “Habitantes del mundo cuántico”, en el siguiente capítulo. Por ahora enunciaré las quejas de unos y otros involucrados en el proceso de visualizar la información científica¹⁴.

Los problemas para el comunicador de la ciencia o el científico

Estos son los problemas que los comunicadores de la ciencia y los científicos manifiestan al trabajar con comunicadores visuales¹⁵:

- El comunicador visual no sabe nada sobre el tema científ-

fico tratado. Por lo tanto no logra descubrir los errores de información científica en sus textos visuales.

- En relación al punto anterior, el comunicador visual comete errores en la información científica debido a su tendencia a embellecer y estilizar las imágenes¹⁶.

- El comunicador visual no logra controlar el grado de *iconicidad*¹⁷ de sus textos visuales. A veces “dice” más de lo necesario, y a veces menos, también en detrimento de la información científica.

- El comunicador visual cree que ilustrar para la comunicación de la ciencia es como ilustrar para un libro de texto, pero con la información “más ligera”.

- El comunicador visual ilustra con obviedades, prejuicios y preconcepciones sobre algunos temas de ciencia, en especial aquéllos malentendidos por el resto de la gente -por ejemplo, ecología, evolución por selección natural, ingeniería genética o energía.

Y la objeción más importante:

- Los comunicadores visuales no generan ideas innovadoras en la representación de los modelos¹⁸ de teorías científicas. Sólo “re-producen” lo ya hecho, y no se dan cuenta de que, a veces, lo ya hecho está mal hecho.

Los problemas para el comunicador visual

He aquí lo que manifiestan los comunicadores visuales con respecto a su trabajo en la comunicación de la ciencia:

- Los comunicadores visuales no tienen por qué saber todo sobre el tema científico. Ese es trabajo del científico asesor o del comunicador de ciencia que los dirige. Los que dirigen en el proyecto no son claros en cuanto a lo que necesitan, ni tienen idea de qué se puede o no se puede hacer con los textos visuales.

- Hay una falta de respeto a sus propuestas como profesionales de lo visual. Todos, incluyendo gente no experta en la comunicación visual, pueden hacer objeciones de forma y de pertinencia semiológica, y tales objeciones deben ser asumidas por el comunicador visual: tipografía y su tamaño, color, medidas, aspectos ergonómicos, composición del texto visual, estilo, nivel de iconicidad, pertinencias semiológicas del medio, entre otros.

- La entrada a los proyectos de comunicación de ciencia de los comunicadores visuales es tardía: por lo tanto no siempre

saben de qué se trata el proyecto, cuál es el concepto directriz del proyecto en general, o *si el tema es más o menos fácil de visualizar –es decir, de conceptualizar en imágenes.*

- Con respecto al punto anterior, la entrada del comunicador visual es tardía en la selección del medio visual. Casi siempre ha sido elegido por gente que no conoce sobre éstos y sin preguntarles si es viable o útil. Esto afecta de manera directa su trabajo, pues tienen que sujetarse a plantear textos visuales en medios que no sirven para cierto motivo dado, y literalmente, se sienten en una carrera sin control donde “hacen lo que pueden”.

- Se desconocen los alcances comunicativos de un texto visual. Se cree que el texto visual es secundario al lingüístico y que, por lo tanto, es susceptible de ser integrado o removido, pues el mensaje final no queda afectado. A veces, es un anexo a la información que se utiliza como recurso redundante o como simple relleno¹⁹.

Correspondencias en el desencuentro

Ya se ve que hay una correspondencia directa entre los problemas que manifiestan unos y otros involucrados. Todas las quejas son legítimas y representan una problemática seria de la comunicación de ciencia. El efecto de este desencuentro es que hay un continuo desencanto en la relación comunicación visual-comunicación de ciencia con el resultado obtenido en los textos visuales. A veces, ninguna de las dos partes involucradas queda satisfecha.

Hemos dicho que parte del problema en la multidisciplinaria radica en que se desconocen e invaden las áreas de competencia. Veremos que cuando se reconoce en dónde se encuentran estos límites, se pueden comenzar a resolver las dificultades enunciadas. Reafirmemos, pues, ciertas cuestiones para construir esta delimitación:

- Un comunicador visual *no tiene por qué saber todo sobre ciencia*. Esa es responsabilidad del director, es decir, del comunicador de la ciencia que coordina a los comunicadores visuales dentro de un equipo. El comunicador visual no tiene por qué estar resolviendo problemas de contenido, de estructura temática ni de coherencia. Si los comunicadores de ciencia buscan innovaciones, son ellos quienes deben determinar a sus visualizadores el *qué*, ya que después de todo, visualizar involucra *la representación de un modelo científico, de una metáfora*. Los comunicadores visuales se encargarán del *cómo*. La distinción radica en que los comunicadores visuales no son conceptualizadores de modelos –metáforas- de ciencia, son conceptualizadores visuales, y si se requiere de una metáfora visual innovadora,

es el director quien debe proporcionar las particularidades de tal metáfora. Es responsabilidad del comunicador visual convertir en imágenes toda metáfora que se le presente, no construir metáforas.

- Los comunicadores de ciencia no se dan cuenta de que para realizar todo texto visual necesita precisarse con claridad a sus comunicadores visuales un *concepto guía*, porque sin éste no hay diseño. Por tanto, los segundos requieren de todas las instrucciones pertinentes para poder realizar bien su trabajo. El comunicador de la ciencia debe dejar bien claro cuáles son las necesidades del proyecto con respecto a los textos visuales: qué metáfora dirán –el concepto-guía-, para quiénes la dirán, en qué espacio y en qué tiempo. Debe reconocer, además, que si no está formado en comunicación visual, no tiene por qué saber más sobre el asunto que sus comunicadores visuales.

Podemos decir que estas dificultades surgen porque a uno y otro lado les falta *parte de la información necesaria* para poder entenderse entre sí. Propongo que hay un tipo de personaje especial que puede servir como puente entre los interlocutores.

La aparición de un nuevo tipo de personaje

Hay un problema que no resuelve ninguno de los personajes anteriores: a veces, los comunicadores visuales pierden terreno al defender sus propuestas no porque sean incompetentes en su campo, ni porque les falte conocimiento sobre cómo visualizar, sino porque la solución final de todo texto visual de comunicación de la ciencia *no sólo está atada a las pertinencias internas del texto visual, sino al tema científico y a la idea de ciencia como concepto*²⁰. Nos damos cuenta que, paradójicamente, sólo un comunicador de la ciencia podría conceptualizar y defender los textos visuales que como comunicador visual ha construido. Aparece, así, un nuevo tipo de personaje: el comunicador visual de la ciencia.

El comunicador visual de la ciencia debe asumir todas las responsabilidades que se enunciaron con anterioridad si lo que un comunicador visual desea o lo que se espera de éste, es dirigir proyectos, componer guiones, proponer innovaciones y controlar los contenidos, es decir, debe *especializarse*: conocer todo sobre su texto –el visual- y los medios a través de los cuales se encarna ese texto, de igual manera que debe saber sobre temas de ciencia en general y sobre el propio discurso de comunicación de la ciencia. Además, debe someter a análisis su idea de ciencia como concepto. En los siguientes capítulos se intentará demostrar cómo es que el trabajo de un comunicador visual cambia radicalmente al asumirse como comunicador de la ciencia

–es decir, al aceptar las responsabilidades que esto implica-, pues al hacerlo *modifica sus conceptos-guía de diseño*. En esta tesis se intenta argumentar cómo es que la formación en comunicación visual no es suficiente para abordar con intenciones innovadoras y creativas a la comunicación de la ciencia. Se demostrará, pues, que no puede hacer lo mismo un comunicador visual, que un comunicador visual *especializado* en ciencia: sus soluciones visuales son radicalmente distintas.

Notas:

1 Ha de notarse que, añadido al problema de la multidisciplinaria, la comunicación de la ciencia tiene la particularidad de ser una profesión en construcción, en la cual los límites de quién es y quién no es comunicador de ciencia, y qué es lo que debiera hacer cada actor en el proceso no están bien definidos. En el museo Universum, por ejemplo, hay un equipo de lo más variado: carpinteros, ingenieros, científicos, comunicadores –especializados en varios campos-, escritores, arquitectos, etc. Todos ellos trabajan en un proyecto común: comunicar ciencia. La pregunta entonces es la siguiente: ¿quién de todos ellos es y no es comunicador de la ciencia?

2 Esto no puede tomarse ni con mucho, como una receta de cocina. Hay temas que requieren ser comunicados, y por las razones más variadas. No hay una necesidad concreta que nos indique que la astronomía, por ejemplo, debiera ser comunicada por algo y sin embargo es uno de los temas favoritos y más fructíferos para acercarse a la gente a la ciencia.

3 Para ahondar más en este punto –el público y los estudios sobre población que tratan sus filias, fobias, quiénes son sus líderes de opinión, etc.- véase Loaiza, Claudia, *Modelo estratégico de comunicación para la divulgación de la ciencia que impulse políticas públicas a favor de la ciencia y la tecnología*, Tesis para obtener el grado de maestría. Universidad Iberoamericana. México, 2005.

4 Véase 2.2.1. *La comunicación de la ciencia es un discurso primario con pertinencias propias*.

5 Las razones de por qué un tema científico no se abarca exhaustivamente, y en relación a esto, por qué es un potencial problema para el proyecto de comunicación de la ciencia que el asesor científico elija los límites, se exponen con mayor extensión en: 2.2. *La comunicación de la ciencia*.

6 Si bien los comunicadores de ciencia deben manejar un medio para expresarse, eso no implica que puedan hablar profesionalmente más allá de su propio medio, y opinar con conocimiento sobre el uso de otros medios distintos al suyo.

7 Para más detalles, léase 2.2. *La comunicación de la ciencia*. El comunicador de la ciencia tiene como una de sus responsabilidades manejar correctamente un medio, pero no tiene por qué saber sobre la conveniencia del uso de un medio sobre otro si no está formado en algún área de comunicación.

8 Primero, un guión literario, seguido de un técnico y el storyboard, de ser pertinente. Las listas maestras son el complemento del guión técnico. Hay, dentro de otros tipos de guión, el guión de contenido, que determina qué se dirá sobre el tema. Este guión debería ser hecho, pero si ni siquiera se sabe que existe tal tipo de guión para indicar a todos los que realizarán el proyecto el alcance de lo que se va a comunicar, ¿cómo hacerlo? Luego veremos cómo afecta a los proyectos de comunicación de la ciencia 'brincarse' uno de estos guiones.

9 Véase el apéndice 1 para entender, con un ejemplo concreto, cómo es que los científicos no tienen por qué saber cómo se hace un guión, o que hay distintos tipos de guión durante el proceso de planeación de un proyecto de comunicación.

10 Nadie está exento de tener prejuicios y preconcepciones sobre qué es comunicación de la ciencia y qué es ciencia: ni científicos, ni comunicadores, e incluso, ni comunicadores de ciencia. Se hablará más adelante al respecto.

11 Por qué es un tema distinto al resto se discutirá en los siguientes capítulos de esta tesis. Baste decir que es necesaria la formación anexa dada la naturaleza prejujuada que se existe con respecto a la comunicación de la ciencia y a la ciencia en sí misma. Véase en 2.2. la sección *No se intente en sus ratos libres*.

12 Se pone como fortuita la aparición de un científico porque, entre las responsabilidades que debiera tener un comunicador de ciencia se encuentra, precisamente, conocer profundamente sobre el tema de ciencia que vaya a tratar. Como afirmamos anteriormente, el científico sólo es necesario cuando se necesita de su asesoría científica. Cuando lleguemos a la parte 2.1 *Panorama general de ciencia* veremos por qué.

13 Los lingüistas llaman *texto* a la puesta en escena del acto lingüístico. El problema con esta definición es que quedan excluidos otros modos de comunicar. Proponemos una extensión a la definición: texto es la puesta en escena del acto comunicativo. Así, hay tanto texto lingüístico –llamémosle así para que incluya tanto al oral como al escrito- como texto visual: ambos tienen unidades de lectura, una sintaxis característica y estructuras gramaticales cuyo significado final está sujeto a los referentes del lector. (Vilches, Lorenzo, *La lectura de la imagen*. Paidós Comunicación. Ed. Paidós. 1984. Págs. 29-39). A su vez, toda puesta en escena, o sea todo texto, requiere de un *medio* como sustrato, como materia de la forma y el contenido.

14 Joan Costa llama *visualizar* al acto de hacer visible algo que no puede ser observado en el mundo cotidiano, es "hacer accesibles a los ojos y al entendimiento fenómenos inaprehensibles, y que de otro modo no serían ni siquiera imaginables, y transformarlos en 'configuraciones gráficas' " –las comillas son del original. (Costa, Joan. *La esquemática, visualizar la información*. Paidós Estética. Ed. Paidós. 1998, Pág. 14).

15 Hay estudios que se han hecho con respecto a las ilustraciones en libros de texto de ciencia. Si bien la comunicación de la ciencia no es enseñanza, sí hay semejanza entre los problemas que se entrevén en estos estudios y los que enfrenta la comunicación de la ciencia con sus propios textos visuales. Véase, como ejemplo, "Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto", de Perales, Javier, et. al., *Enseñanza de las ciencias*. Vol. 20 no. 3. 2002. Págs. 369-386.

16 Cuando estudiemos el caso del cómic "Habitantes del mundo cuántico" podremos ver cómo el uso de algunos recursos gráficos –como el color- obedece a reglas de orden ajeno al estético, pues están antes que nada, supeditados a lo que la información científica indique.

17 *Icono* (del griego *eikon*: imagen) es el signo que se refiere a un objeto con base en las características propias de este objeto (Sexe, Néstor, *Diseño.com*. Colección Paidós, Estudios de Comunicación. Ed. Paidós, 2001. Pág. 8). *Iconicidad* es la relación que un objeto mantiene con otro que representa, con un modelo, y en el cual se puede reconocer tal modelo. El objeto icónico no representa la totalidad de su modelo, sólo mantiene ciertos aspectos, "a menudo [prescindiendo] de propiedades físicas o químicas en beneficio de la forma, la disposición o las relaciones entre partes". Cada elemento elegido para representarse en el nuevo objeto se establece a partir de los códigos adquiridos socialmente, para que la representación tenga sentido. El nivel de iconicidad se obtiene eliminando la información banal (es decir, aquella muy conocida, evidente) y accesoria (la información que no tiene relación primaria con el concepto que se quiere transmitir). Un alto nivel de iconicidad implica un mantenimiento mayor de la información redundante.

Con respecto a la iconicidad hay dos aspectos a distinguir: el figurativo, que se refiere a la representación –en mayor o menor grado- exhaustiva del modelo, y el de relación: la representación de las relaciones internas del objeto, o sea, la representación de la relación entre los constituyentes, entre las partes del modelo-origen. En la medida en que aumenta el nivel de iconicidad, disminuye el de abstracción, y viceversa. (Moles, Abraham y Daniel Feschotte, 1991: "Cómo se lee una representación gráfica compleja". En Costa, Joan y Abraham Moles, *Imagen didáctica*. Enciclopedia del diseño. Ediciones CEAC. España 1991. Págs. 89-99).

18 *Modelo* es una representación que permita formar una imagen mental de cierta explicación de la naturaleza, pues la hace tangible, reconocible, cognoscible. Toda teoría científica se formula exponiendo un modelo explicativo. Más adelante veremos cómo, por ejemplo, los modelos de distintas teorías que explican la gravedad han cambiado a lo largo del tiempo. El modelo es, pues, la representación cognoscible de cierta teoría científica; en ese sentido, el modelo es equivalente a una metáfora: son representaciones que ayudan a entender algo, pero esto no significa que, de hecho, sean la realidad.

Un cambio de modelo dentro de una teoría científica es equivalente a un cambio de metáfora (Ziman, John. *Real science: what it is and what it means*. Cambridge University Press. Reino Unido, 2000. Págs. 110-113, 243-244).

19 Para entender esto a profundidad, revítese en 2.4.5. *Los textos visuales y su potencial para afirmar. Retrato del desperdicio de una imagen*, el análisis que expone Lourdes Berruecos con respecto a la función de los textos visuales en las revistas de comunicación de la ciencia.

20 Más adelante veremos que esta idea es mucho más importante de lo que aparece aquí, pues tiene que ver directamente con el proceso de diseño de un texto visual de comunicación de ciencia.

PARTE II

Cuatro puntos de referencia para todos:
la comunicación de la ciencia
y sus responsabilidades
(o lo que todo comunicador de la ciencia
debiera saber)

Enunciaré de nuevo las responsabilidades de todo comunicador de la ciencia como responsabilidades que debe aceptar un comunicador visual que pretenda especializarse:

- 1) Manejar un texto –el visual– y conocer las pertinencias semiológicas de cada medio en el cual puede materializarse tal texto.
- 2) Saber a profundidad sobre su tema científico en particular, y tener un panorama rico en temas de ciencia en general.
- 3) Conocer las pertinencias del discurso de comunicación de la ciencia y,
- 4) tener una idea informada de ciencia como concepto.

En este capítulo se revisará cada uno de estos puntos y, con textos visuales como ejemplos concretos, y se verá cómo es que dar cuenta de ellos modifica las soluciones visuales propuestas. El primer punto (1) se refiere a la primera responsabilidad, o sea, al texto que todo comunicador de ciencia debe manejar y a los medios por los cuales puede materializar ese texto. Se supone que este punto ya está resuelto en los comunicadores visuales: conocen sobre el texto visual y sobre los medios para materializarlo. En los capítulos siguientes no se hablará, pues, sobre el asunto. Si se desea saber más al respecto, recomiendo la lectura de dos libros de Edward Tufte: *Visual Explanations* y *Envisioning information*. Ambos dan cuenta de las cuestiones formales de los textos visuales para comunicar información: punto, línea, plano, volumen, textura, color, relaciones entre los elementos, jerarquización de estos elementos, etc¹.

Una idea enraizada en la comunidad de comunicadores de ciencia

Existe la idea de que es prácticamente imposible que haya un personaje dedicado a dar cuenta de todos los puntos implicados en la comunicación de la ciencia. Este supuesto está bien enraizado en esta comunidad². Por eso predominan los grupos multidisciplinarios en la construcción de proyectos de comunicación de la ciencia. No pongo en tela de juicio la existencia de equipos multidisciplinarios, sino la idea de que no puede haber tal personaje –uno que esté formado en los cuatro puntos antes mencionados. En este capítulo se argumentará en contra de esta idea de imposibilidad y se establecerá que es un prejuicio. Se intentará demostrar que tales personajes son necesarios en todo equipo de trabajo, y que es justamente en los comunicadores de la ciencia en los que se debe constituir este personaje. Para dirigir, innovar o reflexionar en comunicación de la ciencia –sea en solitario o dentro de un equipo multidisciplinario– es necesario conocer su discurso –no intuirlo ni presuponerlo– y las disciplinas que lo enriquecen. Ya discutimos que, si bien es cierto que no todos los involucrados en el proceso de comunicación

de la ciencia debieran saber todo al respecto, aquéllos que dirigen de alguna manera el camino por el que su proyecto se conducirá sí debieran saberlo –incluidos los comunicadores visuales que pretendan dirigir de una manera u otra a un equipo de trabajo.

Así, un comunicador visual que se arme de recursos provenientes de la comunicación de la ciencia –o sea, que se forme como comunicador de ciencia– puede potenciar su creatividad en la generación de textos visuales. Si un comunicador visual se especializa en comunicación de ciencia, puede ser responsable de sus propias propuestas.

Notas:

1 No veo la necesidad de repetir el trabajo que ya se aborda de manera magnífica en otros libros. Con esto no quiero decir que sea menos relevante o necesario saber sobre ello. Sólo intento dejar claro que no veo cómo pueda mejorar en esta tesis el trabajo que ya hizo Edward Tufte en sus libros, ni veo la necesidad de parafrasearlo. Mejor remito al lector interesado al trabajo de este autor. Esta tesis, si acaso, puede operar como complemento a Tufte: él se encargará de las cuestiones de la forma –del plano de la expresión–, y yo daré cuenta de los aspectos de contenido –conceptuales– de un texto visual para comunicar ciencia.

Es sabido que en el texto visual, ambos –forma y contenido– son inseparables. Sin embargo, considero útil utilizar tal división con intención de analizar los problemas a los que nos enfrentamos los comunicadores visuales de ciencia, y proponer la solución de aquéllos que implican la conceptualización de los textos visuales.

2 Véase un ejemplo en: Estrada, Luis. "La comunicación de la ciencia", *La comunicación de la ciencia* (et. al.) Cuadernos de extensión universitaria. UNAM, México, 1981. Págs. 56-75.

Cuando se habla de un panorama general de ciencia es en referencia a un conjunto de conocimientos científicos. Sin embargo, este conocimiento puede existir en la vida de las personas a varios niveles: desde saber que algo existe, hasta la posibilidad de evaluar tal conocimiento¹. El conocimiento científico que precisa un comunicador de la ciencia no tiene que ser precisamente evaluativo -pues eso sólo lo hacen los expertos, los científicos-, pero sí debe poder integrarlo de alguna manera en su vida. Además, debe ser capaz de distinguir qué es información científica y qué no lo es². Algunos llaman a este panorama “cultura científica”³, entendiéndose como tal no sólo al conocimiento de la información científica, sino la integración de tal información en el contexto de la vida cotidiana, de manera que se relacione coherentemente con una explicación propia del mundo⁴. Una persona con un buen panorama científico entiende la relación, por ejemplo, entre la biología molecular y la evolución por selección natural y cómo estas reflexiones, a su vez, modifican su lugar como humano dentro del contexto de la vida.

Por último, el panorama de ciencia de un comunicador de ciencia no sólo debe contemplar la situación actual de la ciencia: también debe ser un panorama histórico, es decir, debe incluir cómo ha cambiado la explicación de cierto fenómeno de la naturaleza a través de distintas épocas.

Se puede, genuinamente, hacer entonces la siguiente pregunta: ¿cuánta ciencia es suficiente? La respuesta es que *nunca* es suficiente. El comunicador de ciencia debe estar en constante actualización y formación al respecto, igual que un médico debe estar actualizando siempre.

Esto no significa que el comunicador tenga que ser un experto en todas las áreas, pero sí debe tener un buen conjunto de conocimientos que le permitan estar cómodo con el tratamiento de temas de ciencia. Esta comodidad -o incomodidad- se percibe de inmediato al planear, por ejemplo, textos visuales. El comunicador de ciencia responsable debe saber dónde están sus límites de conocimiento. Por lo tanto, ante cualquier duda o incomodidad en cuanto a la información científica de la cual esté tratando, debe buscar ayuda, sea en documentos, sea con científicos que le asesoren.

Si apenas se está construyendo un panorama general de ciencia, recomiendo hacerlo por ‘peldaños’: comenzar con libros básicos de divulgación de la ciencia –algunos libros para niños son excelentes-, y conforme se esté mas seguro, se puede ir ‘subiendo’ de escalón. Tómese como buen consejo intentar buscar siempre información que uno pueda entender. Pretender tomar de entrada una revista especializada –incluso una revista como *Nature* o *Science*- o un libro de texto para estudiantes en ciencia puede provocar frustraciones. Comiéncese, pues, por el principio y con *paciencia*. Hay una gama enorme de libros de divulgación que pueden ir constituyendo cada uno de estos peldaños⁵.

2.1. Segunda responsabilidad:

El panorama general de ciencia

Para saber cuáles peldaños –o sea, cuáles libros o revistas- son los correctos, recomiendo la visita a las bibliotecas⁶. Los encargados, por lo general, saben muy bien cuáles referencias pueden servir para comenzar a abordar un tema.

Por supuesto, también se puede buscar la asesoría de los científicos. Lo que hay que tomar en cuenta es que tales visitas son más fructíferas *cuando uno llega preparado para preguntar algo*. Es decir, eso nos remite –de nuevo- a los libros y las revistas.

Debe quedar bien advertido es que *esto constituye sólo el principio*. La comunicación de la ciencia no puede hacerse a partir de la comunicación de la ciencia. Los peldaños implican que, cuando se va a abordar un proyecto con un tema de ciencia específico, un comunicador de ciencia debería poder leer, en algún momento, revistas y libros especializados para entenderlos y así documentarse⁷.

Lo que quiero decir, finalmente, es que el panorama general de ciencia es algo que se tiene que construir con tiempo y constancia. No es algo que se cumple como un trámite, ni es un cuerpo de conocimientos finito del cual se pueda decir ‘ya es suficiente con esta información, he terminado’. No debe uno, pues, desesperar. El panorama general de ciencia constituye uno de los primeros puntos a resolver para todo comunicador que pretenda especializarse en ciencia. Es, por lo tanto, algo que deberá construir por el resto de su vida profesional⁸.

A continuación veremos, a través de un ejemplo concreto –el cómic “Habitantes del mundo cuántico”- de qué manera influye, en la creación de un texto visual, el panorama de ciencia que se tenga. Con este ejemplo intentaré demostrar que un comunicador visual de ciencia tiene mejores recursos –dado su panorama general de ciencia- para defender sus proyectos, o advertir sobre lo inapropiado de ciertas decisiones, que un comunicador visual sin tal referente.

2.1.1. La utilidad de un panorama general de ciencia para justificar un texto visual.

Un ejemplo: propuesta de cómic “Habitantes del mundo cuántico”

El cómic que se presenta a continuación, “Habitantes del mundo cuántico”, fue producido por el equipo del Departamento de Multimedia de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC) de la UNAM, para la sala *Expo Q* -que trata sobre mecánica cuántica-, en el Museo de las Ciencias, Universum⁹, durante el período 2002-2003.

*(Ilustración digital. Impresión en papel fotográfico metálico con lexan.
Tamaño final de cada página: 90x60 cm.
Montados sobre bastidores de madera)*


HABITANTES DEL




FERMIONES

SOMOS COMO LADRILLOS; CON NOSOTROS SE CONSTRUYE LA MATERIA. FORMAMOS EL CLUB DE LAS PARTÍCULAS FUNDAMENTALES Y SUS DERIVADOS


¡TODOS SOMOS MUY QUISQUILLOSOS! SI UNO DE NOSOTROS ESTÁ OCUPANDO UN LUGAR DENTRO DE LA MATERIA, NO PERMITIMOS QUE OTRO IDÉNTICO LLEGUE A ESE MISMO SITIO. TODOS DEBEN SEGUIR LA REGLA DEL CLUB: SI UN MIEMBRO SE PRESENTA EN CONDICIONES IDÉNTICAS A OTRO DEL MISMO TIPO... ¡INMEDIATAMENTE SERÁ RECHAZADO!




NOSOTROS SOMOS LOS QUARK UP Y DOWN, FORMAMOS LOS PROTONES Y LOS NEUTRONES. NOS GUSTA ESTAR EN TRÍOS Y NUNCA SE NOS VE SEPARADOS. ADEMÁS TENEMOS OTROS HERMANOS QUARK.




SOY EL QUARK UP. YO TENGO $2/3$ DE LA CARGA ELÉCTRICA DEL ELECTRÓN, PERO SOY POSITIVO.




SOY EL QUARK DOWN. YO TENGO $1/3$ DE LA CARGA ELÉCTRICA DEL ELECTRÓN, Y COMO ÉL, SOY NEGATIVO.



SOY EL NEUTRÓN. VIVO EN EL NÚCLEO DEL ÁTOMO Y ENTO QUE LOS PROTONES SE SEPARAN; POR ESO, ENTRE MÁS PROTONES TIENE UN NÚCLEO, MÁS DE NOSOTROS SOMOS NECESARIOS. SOY UN POCO MÁS PESADO QUE ELLOS.



SOY EL PROTÓN. VIVO EN EL NÚCLEO DEL ÁTOMO Y MI CARGA ES POSITIVA. SOMOS MUY IMPORTANTES, PUES DEPENDIENDO DE CUÁNTOS SEAMOS EN EL NÚCLEO DONDE VIVIMOS, SE DETERMINA DE QUÉ ELEMENTO QUÍMICO ES EL ÁTOMO.



SOY EL ELECTRÓN. TENGO CARGA NEGATIVA Y ME GUSTAN LAS PARTÍCULAS POSITIVAS. SOY QUIEN PROVOCA LOS TOQUES Y LAS CHISPAS QUE BRINCAN CUANDO TE QUITAS EL SUÉTER.

MUNDO CUÁNTICO

Más energético

Luz visible

Menos energético



FOTÓN AZUL

FOTÓN VERDE

FOTÓN AMARILLO

FOTÓN ROJO

SOY EL FOTÓN ULTRAVIOLETA. A MÍ NO ME VES, NI ME SIENTES... PERO PUEDO ABRANCAR ELECTRONES DE TU CUERPO Y HACERTE MUCHO DAÑO. YO SOY QUIEN LASTIMA TU PIEL CUANDO TE DA MUCHO SOL.

A NOSOTROS SÍ NOS PUEDES VER, PUES SOMOS LA LUZ JUNTOS, CREAMOS A LA LUZ BLANCA.

SOY UN FOTÓN INFRARROJO QUE NO PUEDES VER, PERO QUE PUEDES SENTIR COMO CALORITO.

SOY UN GLUÓN, UN PEGAMENTO MUY FUERTE. MANTENGO JUNTOS A LOS QUARKS. SIN MÍ, LOS QUARKS SE DESPEGARÍAN, Y LOS PROTONES Y NEUTRONES SE DESARMARÍAN.



BOSONES



NOSOTROS FORMAMOS EL CLUB DE LA ENERGÍA Y LA INTERACCIÓN. LA ÚNICA REGLA ES QUE TODOS SOMOS MUY COMUNICATIVOS, Y POR ESO DEBEMOS, COMO EN LA DIPLOMACIA, SER LOS MEDIADORES EN LAS INTERACCIONES DE LA MATERIA.

NOS GUSTA ESTAR ACOMPAÑADOS Y COMPARTIR. PODEMOS OCUPAR EL MISMO ESPACIO SIN IMPORTAR CUÁNTOS MIEMBROS DEL CLUB SEAMOS.

NO RECUERDAN NADA DE SU PASADO. SÓLO SABEN QUE SIEMPRE HAN SIDO **ENERGÍA**. A TIENTAS, UNOS CUANTOS ENCONTRARON EL AGUJERO EN LA CAJA... ¡Y ES HORA DE **ESCAPAR!**

PERO NO SERÁ SENCILLO... SÓLO POCOS FOTONES DE DISTINTOS COLORES PODRÁN SALIR.

TÚ TIENES **MÁS SUERTE...**

¡YA NO ALEGUEN! TODOS NOS MOVEMOS IGUAL DE RÁPIDO, **RAPIDÍSIMO**. VAMOS HECHOS LA RAYA, COMO LA LUZ QUE FORMAMOS.

¡UFF! ¡QUÉ BUENO QUE DEJAMOS DE ESTAR PRESOS!

...LOS DE TU FRECUENCIA SALEN A MENUDO. EN CAMBIO, POBRES DE NOSOTROS, POCOS SALIMOS DE ESTA TIBIA CÁRCEL.

¡SOMOS LOS **MÁS VELOCES** Y AHORA QUE ESTAMOS LIBRES PODREMOS VISITAR OTROS LUGARES!

RADIACIÓN DEL CUERPO NEGRO

NUESTRO FOTÓN VERDE ESTÁ EN PROBLEMAS...

AAAAAAAAAHHHHHHH!

¡PLANCK!!

¡YUPI!

... AL ESTRELLARSE, OTRO SER HA APARECIDO...

EL

EFEECTO FOTOELECTRICO

¡CUIDADO CON ESA PLACA!

SI CHOCAMOS CON ELLA, ENTREGAMOS NUESTRA ENERGÍA Y COMO ALGUNOS BICHOS AL PICAR, ¡MORIREMOS!

NI MODO, EL FOTÓN VERDE DESAPARECIO... ¡AHORA YO SOY LIBRE!

ELLOS MORIRÁN... YO, TAN ROJO, NO TENGO LA ENERGÍA SUFICIENTE PARA MORIR ASI.

YA NO ESTOY DENTRO DE ESE MALVADO METAL...

¡OHAYO!

¡JE, JE!

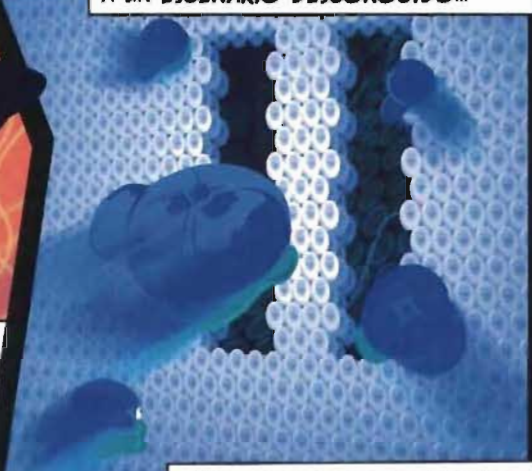
...LLENO DE IONES QUE ME IMPEDIAN ANDAR A GUSTO.

DIFRACCIÓN DE e^- ELECTRONES

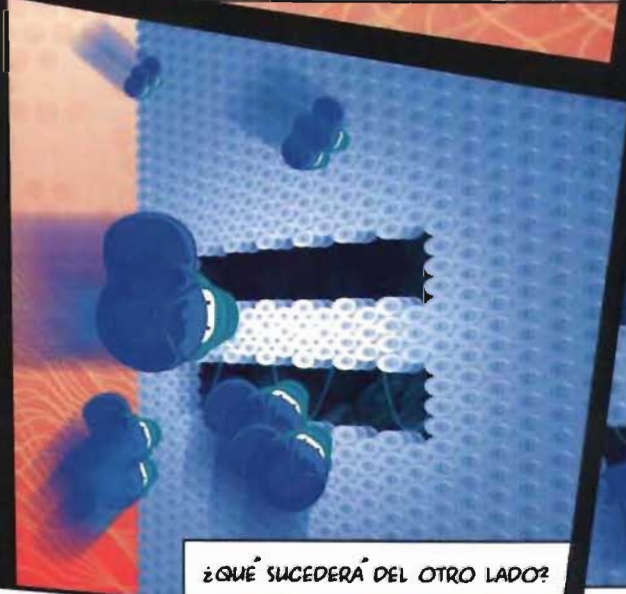
ELLOS, INQUIETOS, SE ACERCAN A UN ESCENARIO DESCONOCIDO...



...YA MUCHOS FOTONES HABÍAN MUERTO POR CULPA DE LA PLACA METÁLICA Y EN SU LUGAR APARECÍAN MÁS Y MÁS ELECTRONES.



...UNA PARED CON DOS RENDIJAS.



¿QUÉ SUCEDERÁ DEL OTRO LADO?



TODOS INTENTAN PASAR A TRAVÉS DE ELAS...



...PERO NO TODOS LO LOGRAN.



LOS QUE PASAN FORMAN UN EXTRAÑO PATRÓN OSCURO Y BRILLANTE, ¡AUNQUE NO QUIERAN!

LUIS Y JORGE, DOS INTRIGADOS CIENTÍFICOS, OBSERVAN LA CARRERA DE LOS ELECTRONES:

SIN EMBARGO, LA CARRERA SE VUELVE MÁS Y MÁS CERRADA...

TE APUESTO A QUE ELECTRÓN 1 ES QUIEN VA A LLEGAR PRIMERO A LA PANTALLA, ¡MIRA QUÉ RÁPIDO VA!

¡RAYOS, PUEDO VER QUE NUESTROS ELECTRONES VAN MUY RÁPIDO, PERO NO SÉ EN DÓNDE ESTÁN!

¡YO NO LO CREO, TE APUESTO A QUE ELECTRÓN 2 SERÁ EL GANADOR! MIRA, VA EN PRIMER LUGAR.

¡DIANTRES, SÉ EXACTAMENTE DÓNDE ESTÁN LOS ELECTRONES, PERO NO QUÉ TAN RÁPIDO VAN!

ENTONCES LOS APOSTADORES ACUERDAN EN ALGO...

Y ACERCÁNDOSE A LA META...



¡YA SÉ! TOMEMOS UNA FOTO PARA VER QUIÉN GANA.

Flash!!

PERO...

...¡OH SORPRESA! ES COMO SI LOS ELECTRONES NUNCA HUBIERAN ESTADO AHÍ, ¡NO APARECEN EN LA FOTOGRAFÍA!

ADEMÁS, LA IDEA DE LA FOTO FUE UN FRACASO.



LA LUZ DEL FLASH ALTERÓ LA CARRERA DE LOS ELECTRONES...

...¡Y QUIÉN SABE DÓNDE FUERON A PARAR!

SÍ... EL RESULTADO DE LA APUESTA SIGUE SIN RESOLVERSE: ¡ES UNA INCERTIDUMBRE!

EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE

EL PRINCIPIO DE EXCLUSIÓN

UN ELECTRÓN MUY CHOCANTE EXPLICA

DE PRONTO, EL ELECTRÓN VANIDOSO SE DA CUENTA DE ALGO TERRIBLE...

TODOS LOS ELECTRONES SOMOS DEL CLUB DE LOS FERMIONES...

...Y POR ESO, NO NOS GUSTA QUE HAYA EN EL LUGAR QUE OCUPAMOS...

...OTRO ELECTRÓN QUE BAILE EL MISMO PASO DE "ESPÍN".

¡Yupi!



...¡UN ELECTRÓN IDÉNTICO A ÉL TRATA DE APODERARSE DE SU SITIO!

¡FUERA DE MI ORBITAL!

¡QUÍTATE DE AQUÍ, NO ME ESTORBES!

¡YO LLEGUÉ PRIMERO AQUÍ, Y AQUÍ ES DONDE ME GUSTA!

¡PUES NO TE NECESITO!, A MÍ TAMBIÉN ME GUSTA SER ÚNICO! NO SOY COMO ESOS FOTONES, LOS MUY BOSONES, QUE SON UNA BOLA DE MONTONEROS Y POCO ORIGINALES.

¡AH!, POR CIERTO...

...¡ACABO DE CAER EN UN ÁTOMO MÁS GORDO QUE EL TUYO, Y MI ORBITAL ES MÁS CÓMODO!, ¡LERO, LERO!

MIENTRAS TANTO, OTRO ELECTRÓN ESCUCHA LA PELEA...

¡QUÉ RIDÍCULA RIÑA!, ¡MI CASA ES LA MÁS PADRE! VIVO EN UN ÁTOMO DE SODIO MUY SIMPÁTICO Y SOCIABLE...

...QUE ME TRAE DE AQUÍ PARA ALLÁ, VISITANDO A OTROS ÁTOMOS COMO ÉL... Y...Y...

LO QUE EL ELECTRÓN PRESUMIDO NO SABE, ES QUE SU ÁTOMO-VIVIENDA ESTÁ A PUNTO DE **ENLOQUECER!**

EMPIEZA A HACER FRÍO, Y MÁS FRÍO...
Y MÁS FRÍO.

LOS ÁTOMOS DE SODIO
DEJAN DE MOVERSE
POCO A POCO.
ALGO ANDA RARO...

¡AH, BRRRR! ¡QUE FRÍO,
NO LO SOPORTO MÁS!

¿QUÉ LE PARECE, COLEGA, SI
NOS ACERCAMOS UN POCO,
A VER SI DISMINUYE
ESTE CONGELAMIENTO?

¡DE ACUERDO!

EL FRÍO SE VUELVE
ESPANTOSO... ES
INSUFRIBLE.

UNO A UNO, LOS SODIOS COMIENZAN A UNIRSE
EN GRUPOS, PERO SUS ESFUERZOS SON EN VANO.

¡BASTA! ¡NO ME IMPORTA
LO QUE DIGAN!...

...¡VAMOS A JUNTARNOS MUY PEGADITOS,
PARA AGUANTAR ESTE HORROR!

CONDENSADO DE BOSE-EINSTEIN

LOS ÁTOMOS SE
ABRAZAN FUERTEMENTE...

...TODOS APIÑADOS, ACTÚAN
IGUALITO, TAL CUAL
BOSONES...

JUNTOS SE HAN
CONVERTIDO...

TANTO, QUE YA NO ES POSIBLE
DISTINGUIRLOS ENTRE SÍ...
YA TODOS SE HAN CONDENSADO.

...¡EN UN EXTRAÑO
SUPERÁTOMO!

Y DENTRO DE UN ÁTOMO DE URANIO 235...

¡ELECTRONES SUERTUDOS! AUNQUE NO SE LLEVEN BIEN, TIENEN MUCHO ESPACIO EN SUS ORBITALES, Y NI SE ESTORBAN.

NO QUE YO, VIVO EN UN NUCLECITO. LO MALO ES QUE NO ME AGRADAN LOS DEMÁS PROTONES... ¡QUÉ FASTIDIO!

¡GUÁCALA! VIVIMOS CODO CON CODO. ESTE NÚCLEO ATÓMICO ES MUY CHICO. ¡PARECE QUE VAMOS EN METRO A HORAS PICO!

NUESTRA **CARGA ELÉCTRICA POSITIVA** ES LA QUE NOS IMPIDE LLEVARNOS BIEN. Y TODAVÍA HAY QUE AGUANTAR OTRAS TONTERÍAS...

PERO UN PROTÓN LOS OYÓ...

¡DEJANOS EN PAZ!

MIENTRAS TANTO, UN NEÚTRÓN ESCUCHA...

¡QUÉ BUENO QUE **NO TENEMOS CARGA ELÉCTRICA!** ASI PODEMOS LLEVARNOS BIEN CON TODOS.

¡SIN NOSOTROS, ESOS PROTONES ODIOSOS YA SE HUBIERAN SEPARADO!

LO BUENO ES QUE LA **INTERACCIÓN NUCLEAR FUERTE** NOS AYUDA A MANTENERLOS DENTRO DEL NÚCLEO.

¡MIRA, SUFRIMOS MÁS QUE USTEDES! NUESTROS **QUARKS** NOS HACEN COSQUILLAS, Y NO PODEMOS MANTENERLOS TRANQUILOS.

¡QUÉ DIFÍCIL VIVIR EN ESTE NÚCLEO PEQUEÑO!

TENEMOS YA TANTA **ENERGÍA** ACUMULADA, QUE CUANDO POR FIN NOS LIBERAMOS UNOS DE OTROS, LA SOLTAMOS DE UN JALÓN...

Y MIENTRAS DISCUTEN, NO IMAGINAN, NO SABEN...

...¡QUE UNA **CATÁSTROFE** ESTÁ POR SUCEDER!

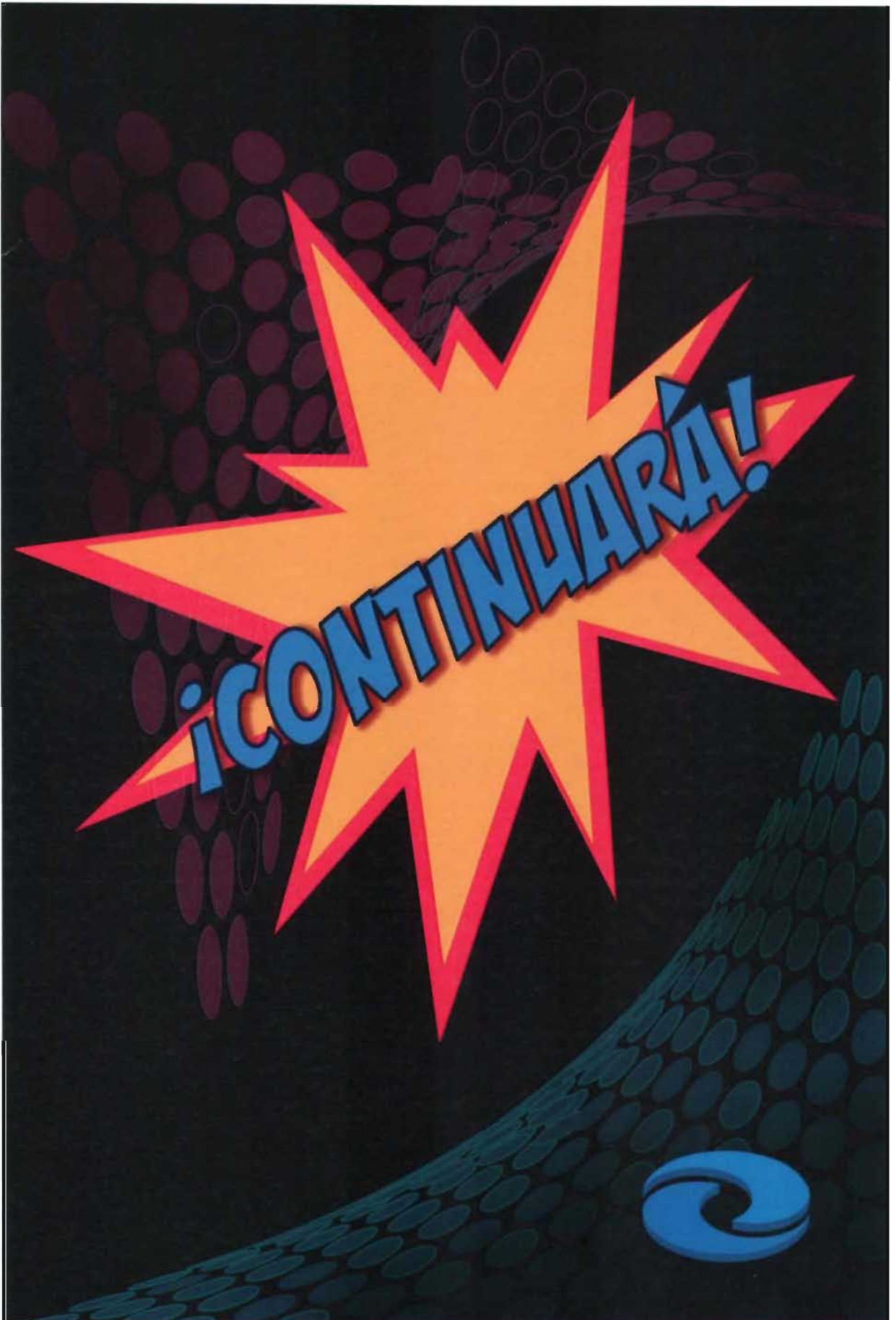
...¡Y PODEMOS HACER UN VERDADERO DESASTRE!

¡¡SOMOS CHIQUITITOS, PERO MUY PODEROSOS!!!

UN NEÚTRÓN SOLITARIO, LENTO, SE APROXIMA AL NÚCLEO, Y SE ACERCA MÁS, Y MÁS,

Y MÁS... Y MÁS...

¡¡KABOOOMMM!!



Como prólogo a la descripción del proceso de creación de un proyecto de comunicación de la ciencia típico, enunciare los problemas que el equipo del departamento de Multimedia del mismo museo enfrentó al recibir el proyecto¹⁰:

- El proyecto de la sala ya tenía años de planeación. El equipo de comunicadores visuales sólo entró en la fase de producción, cuando ya se había definido el tema -mecánica cuántica. Es decir, el tiempo que pudo haber ocupado el equipo para informarse mejor se redujo considerablemente. Su entrada fue tardía no sólo en este sentido, pues los comunicadores visuales del departamento tampoco pudieron saber cómo fue que se eligió cierto medio con el cual tuvieron que trabajar: el cómic.

- La decisión de realizar un cómic para una sala de museo fue tomada por un eminente físico de la UNAM, sin haber consultado nunca con algún comunicador visual. Es decir, el medio se escogió de manera casi arbitraria, o al menos, con ligereza:

* No se consideró que el cómic requiere de elementos ilustrados, visualizados casi siempre con personajes -un problema si lo que se desea es explicar correctamente la mecánica cuántica. Los detalles de este inciso se expondrán más adelante¹¹.

* Tampoco se consideró que un cómic en un museo puede representar problemas de espacio y montaje:

° Para ver un cómic en un museo se necesita de un área especial -con asientos e iluminación apropiados- donde se pueda leer cómodamente. El primer inconveniente es que el área mencionada no existe en la sala porque no hay espacio para tal cosa.





° No se pensó que un cómic *no es el medio idóneo para una sala de museo*: si no se planea con cuidado, un cómic ocupará un gran espacio. Se debe tomar en cuenta que no es cómodo leer en las paredes viñetas grandes por largos períodos de tiempo, sobre todo si el lector debe voltear hacia arriba, hacia abajo, o tiene que pasear lentamente por una larga zona -y peor si lo hace de pie. Para que eso no sucediera, el tamaño de las viñetas tendría que ser enorme: así se podrían ver con claridad los personajes y los globos desde un sólo punto -el espacio iluminado y con asientos antes referido. Esto nos regresa al problema del espacio: montar algo de esas dimensiones requiere de un sitio muy amplio y de una pared igual de grande.

La lectura de un cómic montado en una sala de museo resulta casi siempre incómoda porque requiere ajustes ergonómicos precisos en la distancia y el tamaño. Con estos ajustes la tipografía y la imagen deben poder verse y leerse sin requerir desplazamientos constantes.

El segundo problema es que el cómic que se montó en la sala tiene el tamaño insuficiente como para leerse desde un sólo punto, pero el tamaño suficiente como para tener que desplazarse -a pie- si se intenta leer -véanse las imágenes de las siguientes páginas.

Aun con todo, esto no implica que el cómic quede fuera del contexto del museo si se siguen las recomendaciones siguientes:

* En caso de montarse, el cómic debe cumplir con dos principios básicos:

° Ser corto, pues requiere de tiempo suficiente para ser leído. Los museos de ciencia deben tener, por lo general, equipamientos que puedan ser utilizados rápidamente, ya que el tiempo de visita debe ser repartido

entre las diferentes salas y muy poca gente se tomará el tiempo de leer algo muy extenso. De ser posible, los cómics para museo deben contar con pocas viñetas que tengan escasos o ningún globo, es decir, *que sean proyectados con imágenes autosuficientes para comunicar una sola idea concreta*¹².

° Por extensión del punto anterior, se concluye que el cómic no debe abarcar muchos temas, sobre todo si tratan tópicos tan desconocidos como la mecánica cuántica. A mayor extensión y profundidad, se incrementa la demanda de atención del lector *aunque sea un cómic*. Es incorrecto suponer que tal atención existirá en el contexto museístico, donde se realizan visitas con acompañantes, los visitantes recorren el espacio, utilizan otros equipamientos, hablan, gritan y más.

En “Habitantes del mundo cuántico” no fueron cumplidos los dos principios enunciados en sendos párrafos anteriores: el cómic final trata *siete* temas relacionados con la mecánica cuántica en una extensión de nueve páginas, con gran cantidad de diálogos -y debe decirse que fueron eliminados otros temas.

El supuesto de que la mecánica cuántica se entendería mejor con un cómic fue el criterio que se utilizó para elegir el medio. Criterio equivoco, basado en un prejuicio con respecto al cómic. La objeción principal al medio –al cómic- estriba en que es incorrecto suponer que las cosas se entienden mejor sólo porque se presentan “con monitos”.

Este prejuicio hizo que se violara cierto principio de comunicación de la ciencia –en los cuales abundaremos más adelante: nunca se debe humillar al destinatario. No poder entender algo que se



supone está en formato de cómic para que se descifre más fácilmente -porque es un medio que conocemos, que sirve de contexto a partir del cual podemos entender-, *es una humillación*. Es humillante no poder entender un cómic¹³.

Especialmente en este caso, el supuesto de que las cosas se entienden mejor con “monitos” también puso en aprietos otro de los principios ineludibles de la comunicación de la ciencia: la fidelidad a la información científica. Cuando abordemos los problemas de representación que implicó hacer un cómic de mecánica cuántica veremos cómo fue violado este principio.

- El “guión”¹⁴ fue escrito por el mismo físico. Una revisión al documento puede exponer los problemas de tal situación: no hay tal cosa como un guión de cómic.

* *No hay principio ni fin evidente, ni coherencia narrativa de algún tipo reconocible*. Los temas parecen estar aislados e inconexos. La relación causa-efecto, la trama, desapareció, o si acaso queda oculta en alguna parte, pues depende mucho de la información científica para poder dilucidarse. Lo mismo sucede con la relación secuencialidad-temporalidad propia de un cómic.

* *No hay héroes, villanos o personajes que jueguen roles específicos y conocidos* con los cuales el lector pueda relacionarse o identificarse de alguna manera. No hay una estructura en el diálogo entre los personajes como para discernir cuál es su papel en el contexto narrativo.

* *Se deja demasiada responsabilidad a la información científica para poder hacer una interpretación del texto visual*: si no se conoce de antemano una gran cantidad de la información científica *que se explica*, es imposible saber de qué trata el asunto. Nótese la situación circular a la que el lector se ve sometido: para poder entender la explicación, el lector necesita saber -y mucho- sobre la explicación.

Estos puntos dejan entrever que el físico -aunque eminente en su campo- no tiene por qué saber sobre las pertinencias de la semiología del cómic. Cabe concluir que no por ser científico, se tiene competencia para realizar un guión y dirigir así a un grupo de comunicadores visuales.

Con la escena anterior presentada como contexto, podemos ir comprobando una de nuestras hipótesis: para poder construir, evaluar y generar textos visuales de ciencia, es necesario tener un panorama general de ciencia. Hay dos caminos a adoptar como comunicador visual: uno con el panorama, y otro sin éste. Estos caminos no tienen qué ver con la formación del comunicador visual, sino cómo se apoya el comunicador visual en un panorama de ciencia para reparar en lo posible las consecuencias de los errores expuestos.

2.1.2. Dos caminos: uno con suficiente conocimiento científico, otro sin él.

Opciones de acción del comunicador visual y opciones de un comunicador visual de la ciencia

Hay dos posibles maneras de abordar el problema. Aquí intentaremos explicar por qué la metodología de diseño –sea cual fuere la adoptada- no es suficiente para enfrentarse a los temas de ciencia.

Las opciones de acción de un comunicador visual

El comunicador visual podrá seguir los pasos que dicte la metodología de diseño que adopte; por lo general, todas recomendarán lo siguiente:

- Investigar sobre el tema científico: mecánica cuántica¹⁵.
- Investigar sobre el sitio en el cual será utilizado el texto visual, incluidos la estética propia de la sala, así como el entorno en el cual funcionará el cómic y si éste tendrá relación con otro equipamiento de la exposición.
- Investigar sobre el público que visitará esa sala.
- Con toda esta información, definir el concepto-guía y los conceptos periféricos que guiarán al diseño: la estética y el uso y composición de los distintos elementos visuales.
- Tomar en cuenta las pertinencias del medio: en este caso del cómic. Al hacer esto el comunicador visual descubrirá que hay problemas con el planteamiento del cómic. Podrá arreglar en lo posible con *recursos de diseño* –como el color, contraste, estilo o composición, por enunciar algunos.
- Considerar las pertinencias de un medio que incluye al medio “cómic”: esto es, el museo. Definir cuestiones ergonómicas: tamaños, espacios y áreas de lectura.
- Bocetar con base en el original del “guión” para después diseñar el texto visual final. Esto representará un serio desafío para el comunicador visual, pues el documento original no proporciona información necesaria para hacerlo.

Nótese que los únicos cambios que puede hacer el comunicador visual en esta situación son a nivel *formal*, en el plano de la *expresión*, pues los recursos con los que cuenta provienen únicamente del diseño. Si bien reconoce que hay problemas en el planteamiento del cómic –con un guión que no es tal-, no puede resolverlos más allá de sus propios límites de diseño, porque eso requeriría de un amplio conocimiento no sólo de mecánica cuántica –que ya es bastante- sino de sus antecedentes. En pocas palabras, el diseñador *no puede modificar el documento original, ni realizar un guión de algún tipo* aunque advierta el problema al que se enfrenta, pues le hace falta información sobre ciencia para hacer tales modificaciones, o sea, para solucionar los problemas del guión y del medio.

La solución de un comunicador visual de ciencia

Además de aplicar una metodología del diseño –y hacer todo lo anterior-, el comunicador visual de ciencia debe:

- Tener conocimientos desenvueltos de mecánica cuántica –el tema a tratar-, pero también de su contexto –las referencias en otros temas científicos¹⁶. Con ello el comunicador visual se dará cuenta de que si hace un cómic de mecánica cuántica debiera *dibujar lo indibujable*. Más adelante, cuando discutamos sobre la incapacidad de la metodología de diseño para descubrir este detalle, veremos por qué lo afirmamos.
- Advertir que el alto grado de iconicidad requerido en el cómic –por sus pertinencias semiológicas- constituirá un problema para visualizar temas de mecánica cuántica, pues a mayor necesidad de iconicidad, habrá mayor información a incorporar. El *quid* del asunto es que las representaciones que explican mejor la mecánica cuántica son de orden *abstracto* (véase nota a pie 18). Se puede representar un personaje abstracto en el plano de la expresión –por ejemplo, a partir de la línea-, pero a

fin de cuentas los personajes de un cómic siempre son entes con características *concretas* que deben encarnarse. En el plano de contenido siempre habrá una gran cantidad de información porque la noción de 'personaje' implica ciertas características físicas y psicológicas *que deben quedar explícitas en un cómic*. El problema es que tal concreción no corresponderá con la información científica a comunicar¹⁷. No es posible dibujar, dadas las pertinencias semiológicas de un cómic, personajes que representen objetos cuánticos.

- Proponer con base en estos argumentos el uso de otro medio. Ser consciente de que dibujar la mecánica cuántica en un cómic implica faltar a un principio de la comunicación de la ciencia: fidelidad a la información científica. Este es un argumento de muchísimo peso para cambiar el curso del proyecto.

Aún así, y en caso de que la propuesta no sea tomada en cuenta:

- Reescribir en lo posible el guión del cómic. Encontrar alguna coherencia narrativa que seguramente está oculta dentro de la información científica expuesta. Si no la tiene, hay que construirla. Encontrar la "personalidad" a los personajes, es decir, crear personajes concretos: hacer la caracterización. Esto se lograría solamente teniendo conocimientos suficientes de mecánica cuántica.

En conclusión, el comunicador visual de ciencia debe ser capaz de:

- Ser consciente de que el cómic no era el medio idóneo. Debe explicar por qué no sólo en términos de diseño –enunciar todos los problemas explicados antes con respecto a la lectura de un cómic en un museo–, sino a) en términos de la información científica *como información que guía el diseño*, y b) en términos del discurso al que está sujeto su texto visual: el de la comunicación de la ciencia. Debe advertir que en este caso, se falta al principio de fidelidad a la información científica y al de respeto al lector.

- Poner en evidencia, *con argumentos del tema científico*, que la manera como se representan visualmente los tópicos de mecánica cuántica pueden reforzar preconcepciones y prejuicios al respecto.

- Crear imágenes alternativas que no refuercen estas preconcepciones y prejuicios¹⁸.

Pero, ¿cómo es que la metodología de diseño no es suficiente para abordar todos estos aspectos?

2.1.3. La metodología de diseño no resuelve los problemas de contenido temático sobre ciencia.

El caso de "Habitantes del mundo cuántico"

El tema de la mecánica cuántica nos servirá para ilustrar cómo es que cualquier metodología de diseño que se adopte no nos hubiera dado armas suficientes para defender al medio y al texto visual.

Para descubrir que hacer un cómic de mecánica cuántica implica dibujar lo indibujable, y que esto es un grave error de comunicación de ciencia, es necesario conocer de antemano los referentes científicos de la mecánica cuántica, por ejemplo, la naturaleza de la luz -el espectro electromagnético- y del color -cómo se genera a nivel atómico y su relación con la cantidad de energía emitida-, la naturaleza de la materia y la energía -en especial, la distinción entre partículas

de bosones y de fermiones y cómo interactúan para formar lo que llamamos materia y energía. Es obligatorio, pues, conocer la distinción entre las partículas elementales.

Sobre la mecánica cuántica deben reconocerse estos hechos problemáticos para su representación visual:

- Que algunas de las partículas involucradas en el guión original generan el color, y que por lo tanto, *ninguna partícula que conforma al átomo tiene color*. No tienen color ni los electrones, ni los protones, ni neutrones, ni ningún *quark* que componga a estos dos últimos -si bien algunos de ellos tienen nombres de colores. Ahora nos empezamos a preguntar, ¿cómo dibujamos algo que no tiene color? No es que sean grises, no es que sean negros, ni que sean transparentes... Simplemente no tienen color. ¿Cómo dibujar algo que no tiene color?¹⁹

- Que el color tiene relación directa con la energía que lleva un *fotón*: las distintas intensidades de energía generan colores y efectos distintos. Es decir, el color debe ser cuidadosamente elegido al representar este tema, y no debe ser escogido con criterios estéticos, sino de la propia información científica.

- Que hay partículas que no se pueden representar porque no se sabe con precisión dónde están. En mecánica cuántica hay un problema con la posición y la velocidad de los objetos cuánticos. Si se conoce una, no se puede conocer la otra, y viceversa. Sólo se puede saber si en algún momento irán a dar estos objetos a ciertas zonas determinadas de manera estadística, pero nunca se podrá definir con certeza la posición y la velocidad que *una* partícula cuántica lleva, ni a dónde irá a parar. Los detalles al respecto no importan en esta discusión; lo que me interesa es plantear la siguiente pregunta ¿cómo representar algo que no tiene ni posición ni velocidad específica?

- Que las partículas cuánticas no siguen una trayectoria. Por ejemplo, el cambio del electrón de un orbital a otro es instantáneo, y no recorre el espacio que hay entre uno y otro. ¿Cómo se dibuja algo que no recorre una trayectoria?

- Que hay un tipo de partículas que no tienen masa. Éstos son los *bosones*. Entre ellas se encuentran los fotones -partículas de luz con un color que depende de su energía- y los *gluones*. Como se ha dicho, no son masa, sino energía, fuerza o interacción. ¿Cómo se dibujan partículas de fuerza, de interacción o de información *sin masa*, es decir, objetos que no son concretos y que no ocupan un espacio definido?

- Por último, los objetos cuánticos se comportan a veces como partículas, y a veces como ondas. El científico los aborda como una u otra cosa dependiendo del tipo de experimento y de lo que se quiera encontrar. ¿Cómo dibujar objetos que a veces se comportan como partículas y a veces como ondas, pero que no son ni uno ni lo otro? (véase nota 41).

- Hay otros problemas más sobre la mecánica cuántica: la superposición de los estados posibles de un objeto cuántico, el enredamiento de partículas cuánticas, etc.

Todos estos obstáculos en la representación de la mecánica cuántica nos hacen ver que, en efecto, por mucho que hubiéramos investigado al respecto -según la recomendación de las metodologías de diseño-, nunca hubiera sido suficiente, pues el contexto informativo para comprender la naturaleza de estos obstáculos en la representación visual no se crea en dos semanas, un mes, o seis meses. Sólo con un panorama general de ciencia se puede entender la contradicción entre la mecánica cuántica y su representación en un cómic.

en su currículum formativo no hay tal información. Un investigador casi siempre posee una formación especializada en un campo muy pequeño de la ciencia, mientras que el comunicador de la ciencia debiera ser un generalista²³ –en contraposición al especialista: alguien que no sólo conoce el proceso de construcción de la ciencia, sino que también tiene conocimiento extenso en variadas disciplinas científicas.

Cuando el comunicador de la ciencia tiene entre sus armas de decisión a la geología, la biología, la astronomía, la historia y la filosofía de la ciencia, como ejemplos, establece relaciones entre las disciplinas y recrea contextos nuevos, imágenes de lo más creativo y situaciones que suelen ser desconocidas al científico especialista. Si se ve tan cerca al árbol, se pierde la idea del bosque. De la misma manera, cuando el conocimiento científico del comunicador de la ciencia se limita a una especialidad, es probable que su capacidad para tomar decisiones al elucubrar un proyecto de comunicación de ciencia se vea disminuida.

Con esto no se intenta decir que el comunicador de la ciencia debe trabajar sobre todos los temas, o tratar todas las disciplinas. Hay excelentes comunicadores de la ciencia que se especializan y presentan únicamente temas de biología, física o química. Sin embargo, no por ello el comunicador de la ciencia debiera desconocer las disciplinas que no trata. Un conocimiento general y considerable de ciencia puede ayudar al comunicador de la ciencia a entender mejor su disciplina favorita, a enriquecerla y, en su momento, a fortalecer los argumentos que en su comunicación de ciencia exprese.

2.1.5. Otras ventajas que proporciona el panorama general de ciencia

Como vimos, para enfrentar decorosamente un proyecto de comunicación de la ciencia se necesita más conocimiento que aquél recomendado por la metodología del diseño –o sea, la realización de una investigación temática que resultará corta y poco profunda, ya que casi siempre los proyectos están delimitados por cierto tiempo. Si abordamos el tema con unos cuantos meses antes de bocetar, no habrá tiempo para adquirir los conocimientos suficientes –al menos, para hacerlo eficientemente.

Pero repito, no hay que desesperar: el hecho de que adquirir un panorama general de ciencia implique un proceso largo, no significa que no se pueda construir una perspectiva rica y útil sobre temas de ciencia que sea operante en la marcha.

Los panoramas de ciencia ayudan además:

- A establecer relaciones novedosas entre temas, con la consecuente posibilidad de crear nuevos esquemas y maneras de visualizar modelos y teorías que vayan acorde con uno de los planteamientos de la comunicación de ciencia: fidelidad a la información científica. Es decir, el comunicador visual con un panorama de ciencia puede crear verdaderas metáforas visuales para explicar ciencia.
- A tener la posibilidad de independizarse y planear de inicio a fin un proyecto de comunicación de la ciencia visual, es decir, escoger sin empacho el medio, el estilo, el concepto base de diseño y la estructura narrativa.
- A darse cuenta de que hay temas científicos que quedan mejor explicados con *otro tipo de textos*. El comunicador visual de ciencia debe ser consciente de los límites de su propio texto.

Pero, si bien el panorama de ciencia es de gran ayuda, no es suficiente cuando tratamos de comunicación de la ciencia. Recordemos que hay otros aspectos a abordar. Hace falta saber más...

interactuar: son fuerza y energía.

- Se presentó la relación color-energía en el caso de los fotones y se introdujo al *gluón*, para dar a entender con varios ejemplos que los bosones son partículas de interacción.

Es decir, con las dos primeras páginas se presentaron las reglas del juego, *las reglas de interpretación* -véanse las ilustraciones de estas páginas.

- Se introducen o refuerzan las personalidades de los objetos cuánticos tomando en cuenta la información científica, es decir, se crea la caracterización. Así, El *gluón* es un bigotón poderoso en forma de cadena que une a los *quarks* dentro de los protones y los neutrones. Los quarks dan comezón. El *protón* es un enojón porque siempre habita en lugares apretados, tieso, con otros protones que no aprecia porque tienen la misma carga eléctrica que él -todos tienen carga positiva. Sólo pueden aguantarse unos a otros gracias al *neutrón*, personaje amigable que evita la separación del núcleo atómico y al cual no le importa vivir apretado. El *electrón* es un vivales que aprovecha cualquier oportunidad para reconocer su estatus de fermión, único, ególatra.

Sin embargo, los electrones son indistinguibles entre ellos cuando avanzan en grupo. Los *fotones* son unos viajeros que constituyen -en lo posible- el héroe del cómic. Tienen en su rostro una reminiscencia a Einstein: el héroe de la física cuántica²¹. -véanse los personajes a lo largo del cómic que se presenta al inicio de esta sección.

- Se ordenaron y re-escribieron algunos episodios con base en el original, con la intención de dar, *en lo posible*, una coherencia narrativa, un cierto orden temporal: un principio y un final. Como inicio, los fotones “surgen” de una caja oscura y, al final, los constituyentes de la materia son protagonistas de un terrible cataclismo: la explosión de una bomba atómica -véase el cómic en su totalidad, al inicio de esta sección.

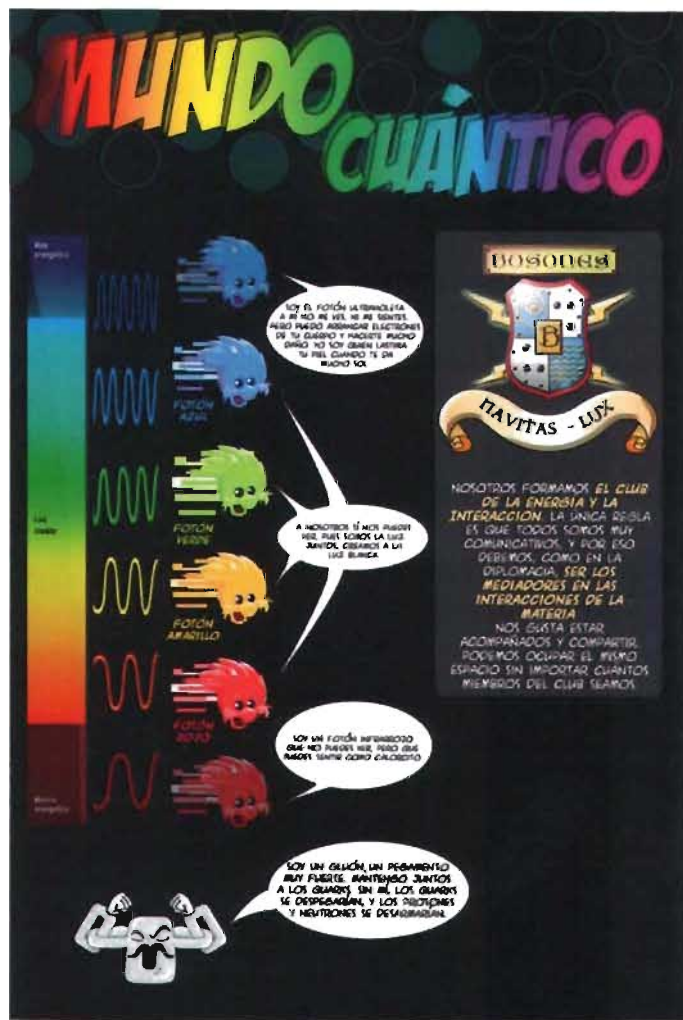
Responsabilidades del comunicador visual de ciencia

El comunicador visual debe aclarar desde el inicio que, en caso de tener que trabajar con un medio establecido y un guión creado por alguien que desconoce las pertinencias del discurso de comunicación de la ciencia y de la comunicación visual, lo único que puede hacer es arreglar ciertos problemas que, sin embargo, no acabarán del todo con un problema de incomunicabilidad, pues este asunto se aborda desde el origen. El potencial fracaso del proyecto no es su responsabilidad.

El comunicador visual de ciencia debe dejar sentado que no se cumplirá cabalmente con uno de los propósitos que persiguen tanto el buen producto de comunicación de la ciencia, como el buen diseño: *utilidad concreta*²². El producto puede tener problemas porque no se entiende, porque no se lee -por problemas intrínsecos al medio-, porque no incita a buscar más ciencia -es aburrido, largo, críptico o requiere de muchos referentes para su interpretación- o porque refuerza una imagen irreal de la ciencia y del tema científico tratado.

Puede argumentarse que el físico tenía el mejor panorama de ciencia disponible, pero también debe insistirse en que no tenía idea de las pertinencias del discurso de comunicación científica, ni de los problemas de visualizar lo indibujable -al menos, en términos de una representación con un alto grado de iconicidad que resultó ser el cómic. Es decir, el físico tenía cubiertos uno de los requisitos que debe cumplir el comunicador de la ciencia -al menos, si no tenía un panorama general de ciencia (cosa que no sé con certeza), sí sabía, sin lugar a dudas, sobre mecánica cuántica-, ipero le faltaban otros tres requisitos *igual de relevantes!*

De ninguna manera se trata de insultar al físico, pues él no tenía por qué conocer todo esto. Lo que sucedió es que



Notas:

1 La misma idea se trata a profundidad en el siguiente capítulo, con respecto a la interacción.

2 Esto parece evidente, pero no lo es tanto, pues muchas veces se cree que temas como los ovnis, la homeopatía, el poder curativo de los cuarzos o la astrología son temas científicos. No evaluaré aquí si son mejores o peores planteamientos que aquéllos científicos, pero lo que sí es cierto es que no son temas científicos porque no cumplen con el requisito más importante: ser información avalada y aceptada por la comunidad científica, es decir, tales temas no cuentan con referencias provenientes de la ciencia, ni sirven como referente para posteriores pesquisas científicas.

3 Aunque existe una discusión con respecto al término cultura, pues algunos sociólogos han propuesto que cultura sólo hay una, y que hablar de cultura científica es:
- Primero, inferir que si no se tiene una cultura científica, es que no se tiene noción alguna al respecto –cosa que no es cierta, pues la noción de “ciencia” existe en la sociedad, independientemente de si esté mas o menos apegada a la realidad- y,
- segundo, inferir que la cultura científica está en un contexto distinto, externo a la cultura cotidiana.
Pero las objeciones están principalmente en el presupuesto de que hay tal cosa como culturas distintas. Algunos estudiosos de la cultura afirman que ‘cultura’ sólo hay una, y que lo que existen son particularidades de un único fenómeno: todos tenemos un pensamiento místico, una forma de pensamiento crítico o racional, una estructura social, etc. Cada uno de estos aspectos tienen rasgos particulares en cada sociedad, pero todos forman parte del único fenómeno que se define como cultura. Para más información véase Loaiza, Claudia, “En el centro de la cultura, la ciencia”, Revista *Conversus*. Junio-julio de 2003. Instituto Politécnico Nacional. México. Págs. 34-40.

4 Lewenstein, Bruce. “Models of public communication of science and technology”. *Public Understanding of Science*. Departments of Communication and of Science & Technology Studies. Universidad de Cornell, Estados Unidos. 2003.

5 En particular, mi primer peldaño fue *Cosmos*, de Carl Sagan. Este es un buen libro para comenzar, dado que no aborda un solo tema. Es un mosaico muy agradable de temas de todo tipo que, al final, acaba hablando de ciencia. Otros libros de Carl Sagan, así como Isaac Asimov, Martin Gardner, y algunos libros de Stephen Jay Gould también pueden ser buenos comienzos. La colección de *Time Life* sobre ciencia es otro buen sitio dónde comenzar. El siguiente ‘peldaño’ puede ser un libro como *La guía de ciencia para todos, o casi* –en Inglés, *Almost everyone's guide to science*-, de John Gribbin, o las guías de ciencia de Isaac Asimov –que aunque ya tienen algún tiempo, pueden ser buenos comienzos. Estos libros sólo son recomendaciones que hago como alguien que tuvo que empezar por algún lado y que se considera una verdadera admiradora de la ciencia.

6 Una biblioteca excelente es la del Museo Universum, llamada “Manuel Sandoval Vallarta”. Tienen un enorme acervo de libros y revistas sobre temas de ciencia, sobre ciencia como objeto de estudio, y sobre todo, un grupo de bibliotecarios que, en lo personal, siempre han sabido asesorarme y ayudarme en mis pesquisas.

7 De hecho considero que todo aquél que tome como objeto de estudio o enfoque de sus esfuerzos a la ciencia debería saber a profundidad sobre su tema de ciencia, incluidos los filósofos, los historiadores y los sociólogos de la ciencia. Imagínese qué clase de argumentos se podrían hacer si, por ejemplo, se intentara hacer una crítica al trabajo de Van Gogh y todo el estudio que la fundamentara se enfocara a ver cómo era su contexto histórico, cuál era su relación con los otros impresionistas y con la escuela de pintura que imperaba en su época o a conocer las características de sus rasgos pictóricos, *sin nunca haber visto uno sólo de sus cuadros*. Lo mismo pasa con los estudios sobre ciencia. Es preocupante ver que, por ejemplo, algunos estudiantes en filosofía de la ciencia hablan del concepto físico de ‘masa’ en sus argumentaciones como si fuera la ‘masa’ de las tortillas.

8 Por eso considero que, después de todo, elegir especializarse en comunicación de la ciencia implica un acto de verdadero gusto por la ciencia. El proceso de construcción del panorama general de ciencia puede hacer que se cristalice tal gusto. No debiera asumirse como un sacrificio, sino como un gusto por algo. Si uno no tiene tal gusto, tal apreciación, ¿cómo comunicarlo a otros?

9 Véase la introducción escrita por el ingeniero José de la Herrán en el libro *10 años –de vida-, 6 millones –de visitantes*, de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia/UNAM, México, 2002, para conocer algunas referencias sobre el surgimiento de Universum, Museo de las Ciencias y de la dependencia –DGDC- del cual forma parte.

10 Nótese la relación con los problemas expuestos en el capítulo 1.

11 Véase 2.1.2. *La metodología de diseño no resuelve los problemas de contenido temático sobre ciencia. El caso de “Habitantes del mundo cuántico”*.

12 Un ejemplo maravilloso de esto está montado en el museo a cargo de Jorge Wagensberg de La Caixa, en Barcelona. El cómic trata sobre la posible historia de un animal que ha comido un pez al revés –es decir, que engulló al pez en sentido de la cola a la cabeza. El animal murió porque, quizá, se le clavaron las espinas en el estómago por tragar su alimento a contra-espina. El detalle hermoso del equipamiento es que el fósil real en piedra del animal-con-pez-al-revés-dentro-de-estómago está junto al cómic!

13 Abraham Moles explica en un artículo sobre esquemática que, si un mensaje es totalmente novedoso, superará las capacidades de comprensión del lector, y entonces “se verá obligado a renunciar a “comprender”, *pese a reconocer formas simples y universales conjugadas en un modelo o “pattern”*.” –las cursivas son nuestras. Las palabras entrecomilladas son del original. (Moles, Abraham y Daniel Feschotte, 1991: 87-115).

14 El documento que se encuentra en el apéndice 1 no es ninguna clase de guión: no es un guión literario, pues no establece la historia que se habrá de narrar ni indica nada sobre la caracterización de los personajes. Tampoco es un guión técnico, pues no tiene ninguna referencia a encuadre, globos de diálogo o de voz en off, temporalidad ni secuenciación. No es un guión de contenido porque si bien insinúa los temas científicos a tratar en los títulos, no explica nada más, ni establece con precisión qué es lo que quiere decir con cada párrafo –incluso, hubo problemas porque ni siquiera el equipo de ayudantes del físico que lo hizo sabía qué era lo que él quiso decir. Con el documento original no se podía, tampoco, hacer un storyboard para visualizar todo lo que los otros guiones debieron haber indicado.

15 En este caso, el primer peldaño fue *Cuentos cuánticos*, de Sergio de Régules Ruiz-Funes. Editorial ADN/SEP. México, 2001. El siguiente fue *Los creadores de la nueva física*, de Barbara Lovett-Cline. Breviarios del FCE. México, 1973. El siguiente peldaño: *Mecánica Cuántica*, de Pau Artús y Ramon Crehuet. Colección Quintaesencia. Ed. Océano. España, 2001. Otros peldaños siguieron a estos comienzos. El último fue el libro de Luis de la Peña, *Introducción a la mecánica cuántica*. FCE/UNAM. México, 1991. Tuve que leer este último con la ayuda de una física para poder entender algunas cuestiones, o para poder relacionar los temas con lo que yo ya había leído antes.

16 Los ‘peldaños’ –libros- antes mencionados se entienden mejor y más rápido si ya se tienen algunos referentes. Iniciar desde cero para comprender un tema como la mecánica cuántica es un verdadero reto, pues hace falta mucha información previa para entender las particularidades extrañas de esta teoría.

17 Más adelante, en 2.1.3., quedará más claro por qué se afirma esto.

18 Véase el apéndice 2. He aquí otras ilustraciones que tratan un tema relacionado: el átomo. Con esto se verá que hay maneras de representar la noción de onda-partícula, y en general, cualquier tema de ciencia, sin formar en el lector un modelo mental incorrecto.

19 Para que el color exista, debe liberarse energía electromagnética –o sea, fotones que tienen un color específico dependiendo de su energía- a partir de los 'brincos' de un electrón dentro del átomo: el electrón 'brinca' de un orbital del átomo a otro orbital, de menor energía. Así, se libera luz con un color específico.

20 En la actualidad se está realizando un estudio con el público, por parte de la Subdirección de Educación No Formal de la DGDC, sobre la inteligibilidad de la exposición *Expo Q*. Como vaticina esta tesis, el cómic no funciona por las causas que hemos expuesto. El estudio no ha concluido, pero todo apunta en la dirección que se advirtió desde el inicio con base en supuestos teóricos de comunicación visual y de comunicación de la ciencia.

21 Aunque él mismo no estuviera de acuerdo con las consecuencias de la mecánica cuántica. De hecho, tampoco estamos muy de acuerdo en reforzar la idea de héroes geniales en la ciencia, pero fue inevitable que al fotón se le representara con cara del héroe de la física contemporánea, por la misma razón que fue inevitable hacer un cómic. El científico no siempre es conciente de sus prejuicios con respecto al concepto de ciencia. Pero no sólo el científico tiene estos prejuicios: todos podemos tenerlos. Este es un problema más a resolver para los comunicadores de la ciencia, pero ya abordaremos más adelante este asunto.

22 El otro propósito es estética. Según Joan Costa, el papel del visualizador no es el de artista, "Por la naturaleza de lo que se maneja: información útil, funcional, lógica", diferente de la información puramente estética. El visualizador es un "programador de conocimientos" (Costa, Joan. 1998: 24). Con frecuencia, los referentes para poder establecer significados relacionados con alguna pieza de arte –de orden estético- no existen en la estructura de conocimientos del espectador, y por lo tanto, no tiene de dónde asirse para otorgar un significado concreto. Para el arte esto no es un problema, pues si, por ejemplo, una pintura de Jackson Pollock no significa para el espectador lo que él quiso dar a entender, no destruye el objetivo final del artista: expresar algo en sus propios términos. El arte no necesariamente tiene la urgencia de dirigir con precisión sus mensajes. En el diseño y la comunicación visual el asunto es diferente: si el mensaje no cumple con dos requisitos indispensables, no es diseño, ni comunicación visual. Estos requisitos son *estética* y *utilidad concreta*.

23 Chargaff, Erwin. "Los amateurs", del libro *Serious Questions. En Todo por saber*, compilado y traducido por Nemesio Chávez Arredondo. DGDC/UNAM. México, 1999. Págs. 217-222.

Considero útil enunciar algunas precisiones que esbozen de manera general el perfil de un comunicador de la ciencia, su quehacer y los problemas a los que se enfrenta al tratar de hacer su trabajo. Con ello pretendo hacer una síntesis de los argumentos más importantes que se deben tomar en cuenta al planear comunicación de ciencia y, finalmente, exponer qué es, qué caracteriza a su discurso.

¿Qué es y qué no es comunicación de la ciencia?

Después de echar un vistazo al resto de los apartados siguientes nos percataremos de que diez, veinte o treinta años de experiencia en comunicación de la ciencia no son suficientes, pues con la experiencia no se logran descubrir y detallar todos los “hilos negros” involucrados en el acto comunicativo que versa sobre ciencia. Aceptemos que un modo viable de lograr el perfeccionamiento de los planteamientos de comunicación de ciencia está en el análisis y estudio de lo que otras disciplinas tengan que decir y recomendar al respecto. Éstas han podido perfilar algunas respuestas a la pregunta que se plantea al inicio de esta sección. La comunicación de la ciencia es una actividad en construcción, que apenas toma la forma de una disciplina en vía de profesionalización. Por ello, definir con precisión qué es la comunicación de la ciencia puede ser problemático: algunos estarán de acuerdo en ésta, otros no.

En lo sucesivo intentaré enunciar algunos aspectos que caracterizan algunas maneras de concebir la comunicación de la ciencia. Advierto, sin embargo, que el tema no está cerrado, y que la comunidad de comunicadores de ciencia todavía debe ponerse de acuerdo para conseguir, cuando menos, algunas características que los identifiquen como una comunidad profesional.

No se intente en sus ratos libres

La comunicación de la ciencia ha existido antes que la ciencia como tal lo hiciera. En aquellos tiempos esta última era llamada “filosofía natural”, y las razones por las que se popularizaba eran de lo más variado. A menudo, tales razones tenían poco que ver con la ciencia en sí¹.

Para el siglo XIX, cuando la ciencia comenzó a tomar forma de lo que es en nuestros días –un cuerpo de conocimientos especializados que parece ajeno a cualquier persona no involucrada con el ámbito científico- fueron algunos investigadores los que consideraron importante hacer comunicación de la ciencia. Entonces se especuló que quizá los científicos eran los únicos que podían hacerlo.

Actualmente hay algunos ejemplos de científicos

2.2. Tercera responsabilidad:

La comunicación de la ciencia

que, además de ser fructíferos como investigadores, hicieron una interesante comunicación de la ciencia. Sólo basta nombrar a autores como Richard Dawkins, George Gamow o Stephen Jay Gould.

Pero ya vimos que el hecho de que un científico sea comunicador de la ciencia no siempre es lo más conveniente –aunque debo aclarar que tampoco, necesariamente, es desastroso. La comunicación de la ciencia tiene cabida para todo tipo de profesionales. Y es que para serlo no sólo se necesita un extenso conocimiento sobre alguna especialidad científica. La comunicación de ciencia demanda mucho más.

Los científicos no saben qué es comunicación de la ciencia, ni cómo crearla

La comunicación de ciencia requiere de muchas habilidades, conocimientos y destrezas que no precisamente tiene un investigador, pues su formación como científico no garantiza que sepa escribir correctamente –cosa indispensable para realizar un texto lingüístico², o para describir las especificaciones de uno visual³. Un científico *no tiene por qué* saber sobre los medios, ni la pertinencia del uso de uno sobre otro. Es decir, un comunicador de ciencia necesita algo para expresarse, y eso implica conocer un texto –lingüístico, visual, audiovisual– a *profundidad* y conocer los medios por los cuales puede representarse tal texto, y eso no lo sabe un científico de formación.

¿Por qué es necesario que el comunicador de ciencia sepa lo anterior? Porque debiera echar mano de todos los recursos con los que cuente para hacer de la ciencia un conjunto de palabras, imágenes o sonidos convenientes e inteligibles para que una persona que no vive de la ciencia –en el sentido estricto–, o que conoce una pequeña parte de este vasto cuerpo de conocimientos, pueda entenderla, gozarla e, incluso, evaluar la influencia que ésta inscribe en su vida cotidiana. Entonces se puede afirmar que la comunicación de la ciencia es un proceso que involucra conocimiento y creatividad⁴.

Ya se han enunciado los problemas de la multidisciplina. Se ha recurrido mucho a esta forma de trabajo, pues resulta difícil encontrar al equivalente del “hombre-orquesta” en la comunicación de ciencia. Por ello se han integrado equipos de trabajo multidisciplinarios, con los que cada una de las necesidades científico-informativas, comunicativas y de logística se vea cubierta⁵. Cuando el comunicador de la ciencia no puede abarcar todo aquello que necesita para construir su texto, entonces se apoya en otras personas que lo ayuden a visualizar, a modificar el camino del proyecto, a conducirse en algún medio. Dentro de este equipo, sin embargo, no todos tienen que ser comunicadores de la ciencia.

Queda claro que el comunicador de la ciencia es quien concibe el concepto que guiará al resto del equipo: quien conoce el tema, quien construye el guión, quien escribe el artículo. Y para hacer eso se necesita comprender un texto específico y sus medios. El trabajo del comunicador de la ciencia es crear, a fin de cuentas, la espina dorsal que da sustento conceptual a cualquier proyecto de comunicación de ciencia.

Los comunicadores no saben qué es comunicación de la ciencia, ni cómo concebirla

Al investigador no se le puede llamar por ser profesional científico, comunicador de la ciencia. De manera análoga, un comunicador gráfico, un artista visual o un museólogo *no tienen por qué saber cómo se conceptualiza un proyecto de comunicación de ciencia*. Y esto sucede porque en ninguna de estas carreras existe un curso sobre las consideraciones a asumir en el



discurso de comunicación de ciencia.

Literatos, comunicadores, artistas e ingenieros pueden ayudar a construir y emitir juicios profesionales sobre el medio en el cual se materialice el proyecto de comunicación de ciencia: pertinencia y alcance real del medio, propuestas visuales, estructuras de representación actuales o equipos más eficaces. Tanto importa su trabajo, que sin éste, la concreción de muchos de los proyectos nunca se alcanzaría. Todos ellos son profesionales que trabajan para la comunicación de ciencia. Pero esta situación no los hace necesariamente, comunicadores de la ciencia.

Con lo anterior no se pretende afirmar que unos profesionales sean más importantes que otros, ni instaurar jerarquías dentro del proceso. Solamente se pueden establecer las responsabilidades que cada uno de los involucrados debe tener. Hay, pues, una figura de comunicador de la ciencia que trabaja con otras figuras de ámbitos variados. Todos conforman un equipo multidisciplinario. Al final, todos juntos hacen un producto de comunicación de ciencia.

Durante cierto tiempo se pensó que la comunicación de la ciencia era algo que cualquier profesional podía hacer en su tiempo libre –fuera científico o comunicador. Ahora sabemos que no se es comunicador de la ciencia estudiando solamente comunicación gráfica o filosofía, de la misma manera que no puede serlo un investigador científico sin más formación. Para ser comunicador de la ciencia hay que especializarse con la práctica, el ambiente académico y la investigación en el área, es decir, es un trabajo de tiempo completo que requiere de profesionalización. Sólo así se puede acabar con ciertos prejuicios con respecto a qué es comunicación de la ciencia, pero sobre todo, se puede entender qué *no es*.

Entonces, ¿qué es?

A grandes rasgos, comunicación de ciencia se ha concebido tradicionalmente como la recreación –también llamada *reformulación*- de la ciencia, de tal manera que cualquier persona pueda entenderla. El resultado final debiera ser una obra clara, sencilla, amena y sobre todo, *fiel a la información científica originaria*.

-La *claridad* en la comunicación de ciencia depende, entre otras cosas, de las habilidades comunicativas del que la concibe.

Definir y conocer al destinatario ayuda a construir un discurso apropiado para éste: es así como establecemos el contenido, el estilo, la extensión y la cobertura con el que se tratará cierto tema, así como el nivel de lengua y la forma de exponer lo que se desea expresar⁶. También están involucrados el correcto manejo del lenguaje y del medio, así como la capacidad de establecer un argumento coherente y una estructura o hilo conceptual⁷.

Manuel Calvo Hernando dice en su libro *Periodismo científico* que para ser claro “basta con ir poniendo una cosa después de la otra, y no una cosa encajada en otra y en esa segunda otra tercera... El lector...había comenzado a ser imbuido de una idea... y se ve forzado a desparramar su atención en asuntos al margen de lo que le interesa”⁸. Por lo tanto es pertinente exponer un solo motivo, un tema concreto.

Por último, la claridad está sujeta a la comprensión que el autor tenga del concepto científico y, a fin de cuentas, a su habilidad para explicarlo. He aquí el valor real del panorama general de ciencia.

- La *sencillez* no es sinónimo de simpleza ni de banalidad. La comunicación de la ciencia no pretende evitar el esfuerzo por entender. Para comprender se necesita razonar, y la comunicación de ciencia debiera apelar a la capacidad de razonamiento e imaginación de su lector: el buen texto de comunicación de ciencia entrega al destinatario la batuta de su propia elucubración. La comunicación de ciencia apela al gozo de entender. Luis Estrada añade que “No hay que

olvidar que los científicos crearon su lenguaje y construyeron sus modelos porque les eran necesarios. Por esto, el interesado en la ciencia tendrá que hacer un esfuerzo por aprender y recorrer una parte del camino que llevó a los científicos al estado actual de su conocimiento”⁹.

Sencillez se refiere, en otro sentido, al respeto que el comunicador de la ciencia le debe a su público. El comunicador de la ciencia no debe dar la impresión de ser el proveedor de conocimiento para un pobre individuo que necesita ser rescatado de las fauces de la ignorancia. Mucho menos, tomar al lector o al espectador como tonto o atrasado. Ana María Sánchez Mora lo expresa mejor: “un exceso de erudición mal disimulada y un mal manejo de la ‘maestría’ que el autor detenta sobre su tema, son a menudo causas suficientes para ahuyentar al lector del texto de comunicación de ciencia”¹⁰. No olvidemos que la comunicación de la ciencia debe evitar humillar a su destinatario.

- La *amenidad* tiene que ver con las habilidades literarias del comunicador de la ciencia: el uso de metáforas, analogías y otros recursos literarios y retóricos. Pero se debe tener siempre cautela: en primera, la utilización de estos recursos no garantiza el éxito en la comunicación de ciencia. En segunda -y aun más importante-, un uso inadecuado o ligero de estas tácticas puede ser contraproducente, pues la comunicación de la ciencia debe cumplir con un requisito obligatorio: la fidelidad a la ciencia¹¹.

- La comunicación de ciencia debe ser *fiel* al concepto científico y en general, al espíritu de ciencia misma. Es por esto último que el comunicador de la ciencia “debe tomar en cuenta todos aquellos discursos que se elaboran para tratar de caracterizar desde todos los ángulos... a la ciencia”¹². Ningún texto puede llamarse de comunicación de ciencia si no cumple con este requisito. El desconocimiento de los recursos mencionados puede desvirtuar, generar una imagen irreal, caricaturesca o ridícula de la ciencia. No olvidemos que la comunicación de ciencia, más que estudiar a la ciencia, la recrea. Cualquier asomo de amarillismo, sensacionalismo, banalidad y falta de rigor argumentativo deben ser evitados a toda costa en la comunicación de ciencia bien estructurada. Ni amarillismo, ni sensacionalismo, ni dogmatismo son posturas críticas ante la ciencia.

2.2.1. La comunicación de la ciencia es un discurso primario con pertinencias propias

Bajo el requisito de fidelidad, la comunicación de ciencia está estrechamente relacionada con la ciencia. La comunicación de ciencia está sujeta a la ciencia en cuanto a temática, a motivo, a concepto. Pero esto no significa que la ciencia constituya un discurso primario del que dependa la comunicación de ciencia, y que por lo tanto esta última no sea más que un discurso secundario. Veamos por qué.

Entre la precisión y la recreación

La ciencia, al ser cada vez más especializada y abstracta, ha perdido significado en la vida diaria. La terminología, el uso de abstracciones y de palabras monosémicas con un alto contenido semántico¹³ contrastan con las palabras de uso cotidiano, que se caracterizan por ser susceptibles de contener múltiples significados y poca carga semántica, por ser ambiguas y circunstanciales –o sea, sujetas al tiempo y el espacio en que se enuncian¹⁴. El discurso de la ciencia tiene una estructura eminentemente delocutiva, es decir, está escrito con un estilo impersonal: el “yo” queda oculto, innombrado, y se reemplaza con el “nosotros” o con



el “se”, pronombre impersonal. Abunda en este discurso la voz pasiva¹⁵. No tiene referentes contextualizadores, pues se entiende que aquellos a los que se dirige el discurso científico ya son iniciados en el tema y por ende no necesitan contexto alguno.

Todo lo contrario ocurre con el lenguaje cotidiano: es totalmente alocutivo -las marcas personales del sujeto enunciador y el destinatario se expresan a lo largo de todo el discurso: el “yo” y el “tú” forman parte del habla diaria. Las formas verbales complejas -como la voz pasiva- se usan ocasionalmente¹⁶.

También es evidente la diferencia entre las representaciones visuales de los científicos y aquéllas conocidas (e interpretadas) por el individuo común: las representaciones científicas -gráficas, imágenes, esquemas, etc.- son resultado de aparatos y estudios en laboratorio, a los que sólo los expertos tienen acceso y que sólo ellos pueden interpretar. Tienen un grado máximo de abstracción y una estructura signíca totalmente distinta, consensuada -y conocida- sólo por los especialistas¹⁷. No tienen nada que ver con lo que nosotros vemos o representamos cotidianamente, ni con la carga semántica que todos pudiéramos atribuirles. Sí, resultan indescifrables para el neófito¹⁸.

El lenguaje de la ciencia se ha ido separando y aislando cada vez más, hasta el punto en que sólo los iniciados logran entenderla. No basta con ser científico para entender a otro científico, pues sólo los expertos comprenden a los colegas de su misma especialidad. Un biólogo molecular es incapaz de entender al físico nuclear. Llevando el ejemplo todavía más lejos, nuestro experto molecular tampoco logrará entender al ecólogo, que *también* es biólogo.

Ante tal situación, la comunicación de la ciencia se encuentra en busca del equilibrio pertinente entre la exactitud científica y su recreación en un lenguaje cotidiano que sea accesible al público¹⁹: ¿acaso la contextualización de la ciencia desvirtuará la información original? ¿En dónde está el justo medio?, ¿cuánta fidelidad se debe mantener en aras de la claridad?, ¿hasta qué punto se debe cubrir el tema científico? El químico y divulgador Martín Bonfil afirma que “ni comunicación científica ni historia son libres -a diferencia de la literatura- de inventar ni de construir caprichosamente sus respectivos relatos”²⁰. El capricho literario o estético no puede orillar al comunicador de la ciencia a mentir con respecto a la “verdad científica”. Pero en el otro extremo, el comunicador de la ciencia tampoco debe emular palabra a palabra a la ciencia, cubrirla hasta sus últimos detalles, reflejarla sin cambio alguno, porque entonces ya no sería comunicación de ciencia... Sería discurso científico.

La constante búsqueda del equilibrio entre exactitud y claridad, entre apego científico²¹ y recreación se ajusta dependiendo del destinatario, del medio y del espacio otorgado en éste para comunicar ciencia. A lo que no debe nunca estar sujeta tal decisión es a la robustez de los conocimientos que el comunicador de la ciencia tenga del tema o a una idea superficial sobre la ciencia y su proceso²². La decisión debe ser, pues, deliberada. El comunicador de la ciencia debe saber lo suficiente como para evaluar y resolver cuánta reformulación y cuánta fidelidad deberá mostrar. El justo medio se encuentra también con la experiencia y el dominio.

La comunicación de ciencia traduce en el sentido creativo²³ -que es la única manera de hacerlo-, pues esta actividad implica escoger, decidir, analizar y reinterpretar²⁴ la ciencia.

Un discurso independiente

Lourdes Berruecos apunta que “la inclusión del *otro* [el tú, el destinatario, el humano cotidiano] en el análisis del discurso de divulgación [...] permite poner en un mismo plano diferentes visiones del mundo, a través de diferentes voces”, y concluye: “Privilegiar el discurso científico como discurso “base” impone una visión del mundo respecto a la cual se hacen adecuaciones”²⁵.

No hay tal cosa como una adecuación. Las reflexiones anteriores nos obligan a concluir que la comunicación de ciencia es, a todas luces, un discurso independiente de la ciencia, ya que *obedece a sus propios objetivos*, y por lo tanto, la manera como se crea, se construye y se proyecta es distinta a aquélla en como la ciencia lo hace. Si bien tiene su motivo en ésta, la comunicación de la ciencia no cumple con las especificaciones que el aparato científico sigue para construirse: en ocasiones, los investigadores descalifican a la comunicación de ciencia porque no cubre la totalidad de sus pesquisas, paso a paso, nivel por nivel, con puntillosa exactitud. Pero la comunicación de la ciencia no tiene por qué hacerlo, pues no intenta educar para formar expertos. La comunicación de ciencia, a diferencia de la ciencia, no pretende desvelar los secretos de la naturaleza, ni controlarlos. Más bien intenta compartir el conocimiento que la ciencia genera e incluso, la manera en que la ciencia se construye.

En conclusión, la comunicación de ciencia mantiene el rigor en la calidad de sus fuentes y en la correcta recreación de la ciencia, pero no tiene por qué seguir las reglas que estructuran la construcción de la ciencia ni su discurso. A fin de cuentas, los objetivos de la comunicación de ciencia no son los mismos que los de la ciencia. Es así como la comunicación de ciencia se erige no como discurso secundario, sino como discurso *paralelo* a la ciencia.

2.2.2. ¿Qué no es?

- Como se ha explicado, *la comunicación de la ciencia no es la ciencia*. Queda claro que sigue sus propias reglas y construye su propio discurso, pues sus objetivos son distintos a los de la ciencia.

- De manera análoga, *la comunicación de ciencia no es enseñanza de ciencia*. La diferencia en los objetivos es lo que hace totalmente distinta a la comunicación de ciencia de la enseñanza. Hay una distinción fundamental entre éstas: la primera se dirige a un destinatario voluntario, mientras que en la segunda existe un contrato educativo²⁶. En la enseñanza formal los estudiantes contraen una serie de compromisos con sus mentores, como por ejemplo, pasar ciertos exámenes o concluir ciertos cursos en un orden determinado para lograr algún nivel de aprendizaje, también preestablecido. El compromiso es, así, obligatorio. En comunicación de la ciencia no existe tal cosa: en cualquier momento el lector puede abandonar el libro, o leerlo como mejor le plazca, o no leerlo en absoluto. El interlocutor puede cambiar de canal, apagar el radio, permanecer o no atento ante el equipamiento de un museo²⁷. La comunicación de la ciencia sólo se establece de forma *voluntaria*²⁸.

La comunicación de la ciencia no pretende formar expertos científicos. Por lo tanto no tiene por qué agotar el tema científico hasta su último detalle. Su objetivo se centra más bien en captar el interés, propiciar la reflexión crítica con respecto a la investigación científica, generar curiosidad, llamar la atención hacia la ciencia y despertar nuevas formas de asombro y elucubración basándose en el placer de entender ciencia. La comunicación de la ciencia se disfruta porque se entiende; comprender deleita. Y entonces, aprender²⁹ -con un sentido de *instruirse*- es tan sólo una de las cuantas cosas que se pueden lograr con la comunicación de ciencia, *pero no es la única, ni la más importante*.

- Debido a su componente voluntario, es mejor si la comunicación de ciencia apela a ciertos recursos persuasivos, de captación de la atención y de propaganda. Si bien la comunicación de la ciencia trata de persuadir al destinatario con un *producto* interesante sobre las virtudes, inconveniencias o recursos que la investigación científica pueda ofrecerles, o sobre cierta presentación del conocimiento científico con respecto a otro tipo de representaciones de la realidad, no debe tomar de la propaganda ni de la publicidad el componente manipulativo o enajenante³⁰. La comunicación de ciencia se puede apoyar en la propaganda y la publicidad, pero no debe confundirse con éstas. Acepta de estas técnicas la importancia de tomar en

cuenta a su audiencia: sus filias, fobias, aprehensiones, costumbres³¹.

- Tampoco es comunicación de la ciencia una lista de datos inconexos, curiosos o anecdóticos. La comunicación de ciencia debe llevar un componente argumentativo –del cual hablaremos cuando tratemos el tema de la interacción-, explicativo y contextualizador. Los datos superfluos no describen, ni con mucho, la ciencia y su proceso.

2.2.3. ¿Para qué comunicar ciencia?

Algunos opinan que la comunicación de la ciencia es necesaria para que aumente la matrícula en las carreras científicas. Es evidente que estas profesiones gozan de poca popularidad en comparación con otras. Además, está claro que la falta de científicos y el escaso apoyo que éstos tienen en países como el nuestro ha provocado un enorme retraso en la generación de conocimiento científico y tecnológico. Debido a esto hemos perdido independencia. Vivimos inmersos en una nueva “economía del conocimiento”, en un mundo globalizado donde el que ostente el saber será quien controle su destino -y el de los demás. La desventaja es evidente: no somos nosotros quienes poseen el conocimiento. En este caso podemos ver la relación que tiene la comunicación de la ciencia con la política y la economía. Otros más añaden que la comunicación de ciencia sirve para que la ciudadanía tenga un pensamiento crítico con el que pueda emitir opiniones informadas y tomar decisiones de manera adecuada, no sólo en temas relacionados con la ciencia, sino también en aquellos relacionados con su vida en general³²³³. Es decir, la comunicación de la ciencia, en esta concepción, funge como instrumento democratizador.

La comunicación de ciencia, además de intentar que la gente comprenda información científica, también debiera crear las estructuras para que exista una opinión pública informada de la ciencia, es decir, que la gente consiga tener una cultura científica en todo el sentido de la palabra: la apropiación y análisis crítico de la ciencia en la vida cotidiana, y no sólo el manejo de numerosos conocimientos científicos. No se trata de que la gente sepa toda la tabla periódica de los elementos, o que conozca el número de la constante de Planck. Se trata, más bien, de saber cómo todo este cuerpo de conocimientos afecta sus decisiones en el ámbito de lo cotidiano, lo político y lo económico. En este punto, tanto educación como comunicación de ciencia parecen compartir objetivos similares: es entonces cuando una se puede apoyar en la otra. Podemos percibir en estos objetivos la existencia de una agenda política y social que, en efecto, va más allá de la información científica.

Hay, sin embargo, una razón que no justifica a la ciencia ni a su comunicación por su utilidad o conveniencia. Ambas son válidas por las mismas razones que la literatura y el arte también lo son. ¿De qué sirve hacer arte, o de qué sirve escribir un poema?

Tanto la ciencia como su comunicación son válidas por sí mismas, pues ambas poseen, al igual que el arte y la literatura, la capacidad de despertar el goce, el disfrute, la emotividad³⁴. Arte y ciencia son representaciones válidas de la realidad. Lo mismo puede decirse de la comunicación de la ciencia: apela al gozo de entender, participar y reflexionar. Apela al disfrute que provoca apropiarse de la ciencia.

Lo que según algunos autores hace todavía más justificable a la ciencia es que posee una capacidad predictiva y de concreción –por ejemplo, en tecnología- que el arte nunca tendrá³⁵. Lo fundamental es que la ciencia es una representación humana del mundo, representación producto de la creatividad que genera un sentido de encanto parecido al que se consigue con el arte y la literatura. Y nada más por eso, vale la pena que se comunique³⁶. Personalmente, me incluyo como partidaria de este motivo.

2.2.4 Definiciones, definiciones...

¿Alguien sabe qué es comunicación de la ciencia?

Algunos expertos consideran que la comunicación de ciencia tiene que ver con la *intencionalidad* del autor. Con este criterio, habrá quienes busquen hacer una obra o un producto de comunicación de ciencia, y entonces quizá se puede decir que lo habrán logrado. También habrá quienes sólo tomen motivos de ciencia para hacer ficciones, novelas o películas, pero no intentan comunicar ciencia. Por lo tanto, no lo habrán hecho.

Otros afirman que la comunicación de ciencia *está en el ojo de quien la lee*, de quien la encuentra, de quien la mira. En este caso, se puede encontrar comunicación de ciencia en un texto que no esté expresamente planeado para comunicar ciencia³⁷. Pero si nos basamos en lo dicho anteriormente, ambas delimitaciones estarían incompletas.

Por un lado, hay autores que pretenden comunicar ciencia, pero resulta que su texto, su película o su obra es ininteligible, inconexa, aburrida. No despierta interés, ni mucho menos deleite. Hay obras de comunicación de ciencia que resultan contraproducentes: extienden todavía más la brecha entre la ciencia y la gente. Como se explica antes, hay quienes incluso, en vez de estimular al destinatario a seguir, lo humillan. En este caso, aun con la intención de comunicar ciencia, no se logra tal cometido³⁸.

Por otro lado, la segunda idea es mucho más atractiva, y posee cierto toque de encanto, pero hay un problema: cuando la intención del autor no es comunicar ciencia se puede, cómo no, utilizar todo tipo de recursos que no tienen por qué someterse al apego a la ciencia. Entonces el autor puede extender sus caprichos más allá de las exigencias que le imponga el criterio de fidelidad a la ciencia: el escritor no tiene por qué hacer un retrato fiel de la teoría de la evolución en su novela, ni el director del filme de guerras galácticas tiene que evitar que las chispas *caigan* en el espacio, *ivíctimas de una gravedad inexistente!* El ojo que percibe -que interpreta- tiene el trabajo de discernir y delimitar hasta dónde llega la ciencia, y hasta dónde está la ficción. Más aun, eso sólo sucederá si éste -el ojo del lector- desea o puede hacerlo. En efecto, el lector es uno de los elementos que concreta al texto. Es creador, junto con el autor, del libro, el filme o la ilustración. Es un verdadero *interlocutor*. Cuando el autor no tiene la intención de comunicar ciencia, no es su responsabilidad hacer tales delimitaciones. *La diferencia es que esa sí debería ser responsabilidad del autor de comunicación de ciencia*³⁹.

Cuando la intención no es comunicar ciencia, no hay por qué comprometerse al apego científico. Entonces la obra es literatura, o arte, o ficción, pero no comunicación de ciencia.

Finalmente, he aquí la definición de comunicación de la ciencia que Ana María Sánchez Mora, respetada precursora de la comunicación de ciencia en México, forjó. Bajo estos parámetros, se ha definido *tradicionalmente* qué es comunicación de ciencia:

“La divulgación [comunicación] de la ciencia es una labor multidisciplinaria cuyo objetivo es comunicar, utilizando una diversidad de medios, el conocimiento científico a distintos públicos voluntarios, recreando ese conocimiento científico con fidelidad y contextualizándolo para hacerlo accesible”⁴⁰.

Sin embargo, pondremos a escrutinio tal definición, pues implica la idea de que la comunicación de la ciencia -a la cual llama divulgación- sólo trata sobre la información científica, únicamente en grupos multidisciplinarios de trabajo -aun con todos los problemas que esto representa-, y que el contexto sólo es uno, sin tomar en cuenta que hay dos: contexto de tal información científica, y contexto del *otro*, del interlocutor -ambos históricos, sociológicos, etc. De cualquier modo bajo esta perspectiva, el contexto sólo sirve como recurso de comunicación -para ‘mejorar’ o ‘adecuar’ nuestros mensajes al destinatario- y no como parte de un esfuerzo comunicativo que conformará una noción de ciencia en el imaginario del

interlocutor, es decir, como constructor de un concepto paralelo a la información científica que todo proyecto de comunicación de ciencia expresa –consciente o inconscientemente⁴¹- a su público: el concepto de ciencia. Veremos cómo todo modelo de comunicación de la ciencia representa, se quiera o no, *una noción de ciencia*.

Hay otro asunto más: ya habíamos advertido que algunos consideran –como se puede apreciar en la definición antes expuesta- que la información científica es la más importante en los proyectos de comunicación de la ciencia. Otros, por el contrario, se van al otro extremo y creen que lo que vale es el contexto de construcción del conocimiento científico, no tanto la información. Veremos que privilegiar uno u otro contenido es fomentar un prejuicio.

Existe, pues, un problema de definición: ¿qué es lo que los comunicadores de ciencia *piensan* que es comunicación de la ciencia?

2.2.5. Cuatro modelos de comunicación de la ciencia

En el artículo “Models of public communication of science and technology”⁴², Bruce Lewenstein expone cuatro modelos específicos de comunicación de ciencia, siendo todos modelos que intentan lograr un entendimiento público de la ciencia. El autor advierte que en la forma cómo se asuma el comunicador de ciencia a sí mismo y a su quehacer, estarán implícitos sus objetivos, realizará sus planes comunicativos y enfocará sus esfuerzos. Nótese que, además, en cada modelo hay una manera implícita de concebir a la ciencia como *concepto*.

- *El modelo de déficit*. En este modelo se plantea que el destinatario necesita saber información científica para vivir mejor –sea lo que sea que eso signifique. El destinatario tiene, pues, un déficit de conocimientos científicos, y los faltantes deben ser llenados. Por lo tanto, lo que la comunicación de ciencia debe hacer es rellenar el déficit. Establece así qué es lo que la gente *debe saber* para no ser considerado iletrado científico –o de plano, inviable en esta economía del conocimiento.

El planteamiento del modelo presenta el problema de que, casi siempre, la información científica que se comunica así está desprovista de contexto, y carece de significado en la vida personal. Lewenstein explica que el modelo también considera, implícitamente, que la gente debería saber más información científica, privilegiando prejuiciosamente tal manera de representar al mundo: se cree que teniendo más información científica necesariamente se vive mejor, y por lo tanto, la ciencia es necesariamente buena. En el modelo se presupone que la ciencia crea sus conocimientos con métodos objetivos, totalmente racionales, y que por lo tanto es la única representación verdadera y válida del mundo. Al tener el destinatario más conocimientos objetivos, su pensamiento se hará más racional, más objetivo. Con más información científica aprenderá, pues, a tener un pensamiento crítico.

Algunos estudios han dejado manifiesto que los enormes esfuerzos de comunicación de la ciencia hechos bajo el modelo de déficit no han modificado los números en las encuestas que hacen preguntas sobre cierta información científica –preguntas del tipo ¿qué es un átomo?, y “¿Cuánto tiempo tarda la Tierra en dar la vuelta al Sol?”⁴³. Los números han permanecido estables –y nada halagüeños- durante, por lo menos, los últimos veinticinco años.

- *El modelo contextual*. Este modelo acepta que los individuos no son simples contenedores de información, pues la procesan de acuerdo a los esquemas sociales y psicológicos que han configurado sus experiencias previas, su contexto cultural y sus circunstancias personales. También reconoce la influencia de los sistemas sociales y las representaciones mediáticas para disminuir o amplificar el interés público con respecto a algún tema científico.

Este modelo advierte que se pueden hacer mensajes ‘a la medida de los destinatarios’,

pero se le ha acusado de que tal planteamiento comunicativo es potencialmente manipulador, pues lo que intenta no es crear un entendimiento de parte del público, sino una aceptación pasiva de la ciencia.

Tanto al modelo de déficit como al contextual se les critica porque en vez de promover un entendimiento público de la ciencia, plantean más bien “una apreciación pública de los beneficios provistos por la ciencia a la sociedad”: así, la comunicación de la ciencia no está sirviendo como instrumento de entendimiento, sino como instrumento retórico a favor de la concepción científica dentro de la sociedad. Ambas nociones de comunicación de la ciencia tienen que ver con una idealización positivista de la ciencia, idealización que caricaturiza y privilegia al conocimiento científico porque caracteriza a la ciencia como un cuerpo de conocimientos immaculado, producto de un proceso cognitivo racional y objetivo, resultado de la experimentación cuidadosa y desprejuiciada de humanos geniales a quienes, en algunos casos, se les debería rendir pleitesía. Ambos modelos funcionan como apologías irreales de la ciencia, convirtiéndola en un nuevo dios al que todos debemos creer dogmáticamente, aunque no la entendamos y no le encontremos sentido. Lo malo de estos modelos es que representan una ciencia que no existe, que promete cosas y panaceas que no puede ni podrá cumplir, pues no es tan objetiva, ni tan racional, ni tan desprejuiciada como se describe en éstos. La ciencia es más una actividad humana, y de ninguna manera el nuevo dios immaculado que se ha retratado en estos modelos.

- *El modelo de experiencia local.* Este modelo se basa en el conocimiento local, en la vida de comunidades reales con problemas específicos. El modelo critica “la arrogancia de los científicos”, quienes –los defensores del modelo afirman- presuponen la información científica superior al conocimiento local, popular, siendo que éste último es tan relevante como el conocimiento técnico-científico. Enfatizan la importancia del conocimiento y la experiencia validados por sistemas sociales distintos a aquél de la ciencia moderna, y privilegian a los primeros.

Este modelo, al contrario de los dos modelos anteriores, se va al otro extremo: es anti-científico⁴⁴ -y también prejuicioso. No queda claro cómo es que el conocimiento popular, local, puede enfrentar sistemáticamente problemas que la ciencia moderna ha podido resolver. Además, no se ha podido separar del planteamiento de este modelo la adhesión a cierta agenda política que otorgue poder a grupos locales de presión, cuestión que no tiene nada que ver con el entendimiento público de la ciencia.

- *El modelo de participación pública.* Se enfoca en aumentar la participación pública y dar herramientas para poder tener estrategias evaluativas, y así participar, por ejemplo, en la creación de políticas científicas. El afán de este modelo es democratizar la ciencia a través de foros de discusión, encuestas, conferencias de consenso, juicios ciudadanos, etc.

A este modelo se le critica que se ha enfocado demasiado en el proceso de construcción de la ciencia, y ha dejado atrás la información científica. También se le ha acusado de propiciar el prejuicio anti-científico⁴⁵, pues si se juzga a la ciencia sólo desde su contexto, desconociendo durante este juicio las aportaciones de la información científica, ¿cómo se puede hacer una crítica racional?

Estos últimos modelos tienen la ventaja de que han abandonado la idealización positiva de la ciencia. En ese sentido han evitado el engaño, pues tienen una versión más actualizada, más completa de la actividad científica. No hay más una tendencia favorable con respecto a la ciencia. La verdad, la



realidad y la conveniencia no quedan únicamente delimitadas al ámbito científico. Pero tienen la enorme tendencia a omitir la advertencia que el filósofo de la ciencia Paul Feyerabend hizo en "Ciencia: ¿grupo de presión política o instrumento de investigación?"²⁴⁶: tomar el camino de las alternativas –es decir, el conocimiento local, popular- no garantiza que se obtengan mejores resultados que aquéllos producto de haber tomado el camino que la ciencia del momento sugeriría. Sin tal advertencia se puede propiciar un nuevo desencuentro, un nuevo elemento de desilusión. Sin la advertencia se está haciendo una nueva promesa que no se va a poder cumplir. Ejercer estos modelos así, sin más, sería irresponsable, pues afirmar que la alternativa es mejor que la ciencia tampoco tiene justificación alguna. Como Feyerabend advierte, es sólo una cuestión de decisión.

En conclusión, Lewenstein explica que el valor del modelo de déficit –o incluso, me atrevo a afirmar que el de contexto- puede ser rescatado si se cambia la presión moralizante, el “debes saber esto”, por un matizado “quizá quisieras saber esto”. En efecto, se empieza a vislumbrar que, para evitar los prejuicios, es mejor conocer las posibilidades reales de cada sistema de conocimientos. Y eso se logra informándose acerca de lo que las disciplinas que estudian la ciencia han propuesto.

No es sitio aquí para tomar parte y decidir qué modelo es mejor. Lo que sí está claro, es que el comunicador de la ciencia debe ser consciente de que ejerce un modelo, de los problemas que apegarse a tal modelo representa, y cómo puede solucionar o matizar estos problemas en caso necesario.

Ya volveremos al asunto en la sección sobre las disciplinas que estudian la ciencia. Por el momento, regresemos al tema que nos ocupa: la comunicación de la ciencia.

Notas:

1 Shapin, Steven, "History of Science and Its Sociological Reconstructions," *History of Science* 20, 1982. Págs. 157-211

2 Llamémosle así, 'texto lingüístico', para que pueda incluir tanto al oral como al escrito, aun cuando cada uno tiene pertinencias especiales.

3 Llámese libro, guión, u otro, todo proyecto de comunicación comienza con un escrito. (Sánchez Mora, Ana María. *La divulgación de la ciencia como literatura. Colección Divulgación de la ciencia para divulgadores. DGDC/UNAM, México, 1998*).

4 López Beltrán, Carlos. "La creatividad en la comunicación de la ciencia". *Naturaleza*, no. 5. México, 1983.

5 Estrada, Luis. 1981: 63-75.

6 Tappan, Martha, y Aarón Alboukrek. "El discurso de la comunicación de la ciencia". *Ciencia*, 1992. Pág. 275.

7 En el caso de los medios visuales es bien sabido que sin concepto no hay diseño. Me atrevo a afirmar que lo mismo sucede con todo intento de comunicación: sin hilo conceptual no hay coherencia ni pistas para la interpretación.

8 Calvo Hernando, Manuel. 1977::28, 29.

9 Estrada, Luis. 1981: 64.

10 Sánchez Mora, Ana María. 1998: 138.

11 Véase 2.3. *Disciplinas que enriquecen el discurso de comunicación de la ciencia.*

12 López Beltrán, Carlos. 1983: 293. Los discursos a los que se refiere provienen de los estudios que la filosofía, la historia y la sociología han hecho con respecto a la ciencia. Es decir, todos ellos estudian a la ciencia. Véase, más adelante: 2.5. *La imagen de ciencia como concepto: detrás de toda comunicación de la ciencia hay una postura filosófica.*

13 Palabras con un solo significado, pero que contienen mucha información. Son palabras en las que expresamente se evita la ambigüedad.

14 Bonfil Olivera, Martín y Martha Tappan. "Los términos científicos: su nacimiento y comportamiento en sociedad". *Ciencia*, no. 44, 1993. Pág. 253-259.

15 Por ejemplo, en vez de decir "el investigador hizo la observación", se expresa "la observación fue hecha por el investigador".

16 Berruecos, Lourdes. *El discurso de la divulgación*. Textos para el Diplomado en comunicación de la ciencia de la DGDC, UNAM. México, 2003. Págs. 11-13. Véase el apéndice 3 para distinguir las diferencias entre las estrategias discursivas del discurso de la ciencia y el de comunicación de la ciencia.

17 Moles, Abraham y Daniel Feschotte. Op. cit.

18 Por ejemplo, en las gráficas científicas el color tiene un significado totalmente distinto a aquél que nosotros interpretamos comúnmente. Mientras que para nosotros el color azul es frío, para un físico es el color que tiene más energía, es el más cálido. El rojo, en comparación, es cálido para nosotros, siendo que, en términos científicos, es un color de bajo nivel energético, es un color frío.

19 Calvo Hernando, Manuel. *Divulgación y periodismo científico: entre la claridad y la exactitud*. Colección Divulgación para divulgadores. DGDC/UNAM. México 2003.

20 Bonfil Olivera, Martín. "La divulgación científica: ¿de qué se trata todo esto?" *Coloquio interno sobre comunicación de la ciencia*. DGDC/UNAM. México, 2000. Pág. 75.

21 Una aclaración: con apego científico no sólo nos referimos a la precisión con la que el tema científico sea tratado. También se considera el concepto mismo de ciencia expuesto en el discurso de divulgación -comunicación de la ciencia-, concepto estudiado por disciplinas como la historia, la filosofía y la sociología, entre otras. Véase 2.5. *La imagen de ciencia como concepto: detrás de toda comunicación de la ciencia hay una postura filosófica.*

22 Véase el apartado sobre el panorama general de ciencia, por un lado, y el apartado sobre las disciplinas que estudian a la ciencia, por otro.

23 Creatividad e imaginación son propios a la comunicación de la ciencia, y cómo no, también a la ciencia. Es decir, ambos elementos existen al momento de crear comunicación de la ciencia y de crear ciencia.

24 Sánchez Mora, Ana María. 1998.

25 Berruecos, Lourdes. "El otro en el discurso de divulgación científica". 2003: 16, 17.

26 Bonfil Olivera, Martín. "El contrato educativo y la comunicación de la ciencia". *Comunicar ciencia*, año 10, núm. 37, enero-marzo, 2002. Págs. 38 - 41.

27 Bonfil Olivera, Martín. *Ibid.*

28 Ana Sánchez Mora, 1998.

29 Wagensberg, Jorge. "Principios fundamentales de la museología científica moderna". *Associació Catalana de Comunicació Científica*. Pág. 4. Yo no diría aprender, sino "instruir". Si lo que la comunicación de la ciencia intenta es modificar de alguna manera la actitud de la gente con respecto a la ciencia para que la goce porque la entiende, esto implica aprender: comprender y asimilar lo comprendido. Véase: 2.3.2.5. *La epistemología genética.*

30 Por ello es importante enunciar una situación más realista de la ciencia, y no aquéllas idealizadas, ofrecidas comúnmente. Un ejemplo de enajenación idealizada se puede ver en la presentación común de ciencia que la coloca por encima de otras representaciones de la realidad, apelando a ciertos argumentos de autoridad que tienen que ver con el método científico. Recordemos que el método científico se refería, entre otras cosas, a la idea de que la hipótesis, la experimentación, la observación y las conclusiones basadas en las anteriores son piezas de un procedimiento con carácter objetivo, y por ende, el conocimiento que éste produce es verdadero y superior a otras maneras de conocer. Más adelante se verá que esto ha sido discutido y rebatido por las disciplinas que estudian a la ciencia, y que no conviene seguir representando esta caricaturización de la ciencia.

31 Ísita Tornell, Rolando. *Ciencia y propaganda en España: la información científica en ABC, Diario 16 y El país en 1986, 1989 y 1992*. Tesis para el doctorado en ciencias de la información, Universidad Complutense de Madrid, 1995.

32 Calvo Hernando, Manuel. 1977: 15, 16. Estrada, Luis. 1981:60-75.

33 Aunque Morris Shamos en su artículo "La lección innecesaria" ha desarticulado todas estas justificaciones. Shamos, Morris. "La lección innecesaria: la ilustración científica para todos es una meta hueca". *The Sciences*, vol. 28, no. 4. 1988. Págs. 14-20. Traducción de Martín Bonfil Olivera.

34 Sergio de Régules Ruiz-Funes. "Objetivo: la alberca". *Antología de la divulgación de la ciencia en México*. Colección Divulgación para divulgadores. DGDC/UNAM, México, 2000. Pág. 273-279.

35 Gribbin, John. "The truth of the matter". *The guardian*. Enero 2004. <http://www.guardian.co.uk>

36 Shamos, Morris. 1988: 14-20.

37 Bonfil Olivera, Martín. "Qué es y qué no es divulgación". *El Muégano Divulgador* no. 25. DGDC/UNAM, México, 2004.

38 Sánchez Mora, Ana María. 1998:136-146.

39 Sánchez Mora, Ana María. 1998:149-156.

40 Esta definición ha sido adoptada por el Sistema Nacional de Investigadores, SNI: www.conacyt.mx/dac/sni/sni_glosario_recomendaciones.html

41 Abundaré más adelante al respecto en 2.5. *La imagen de ciencia como concepto: detrás de toda comunicación de la ciencia hay una postura filosófica.*

42 Lewenstein, Bruce V. 2003. El autor no quiere decir en su artículo que un modelo sea mejor que otro, o que deba dejarse de practicar uno u otro. Sólo invita a se consciente sobre asumir uno u otro.

43 Lo incorrecto en este modelo es que considera la "cultura científica" como cuánto sabe uno de *información* científica -es decir, datos. Así, como se puede apreciar, las preguntas que evalúan el desempeño de la comunicación de la ciencia van en este mismo sentido: se enfocan en cuánta información científica sabe la gente.

44 Veremos que las idealizaciones son irreales -tanto aquella noción positivista, redentora de la ciencia, como la concepción anti-científica-, y cómo es que no conviene seguir propagando este tipo de nociones sobre ciencia en el capítulo sobre disciplinas que estudian a la ciencia.

45 Porque, en efecto, no entiendo cómo puede juzgarse a la ciencia si no se conoce lo que ha generado, es decir, el cuerpo de conocimientos científicos. Recuérdese el ejemplo de la nota que habla sobre qué clase de crítica se le podría hacer a Van Gogh si se conociera todo el contexto en el cual pintó, pero no se viera nunca su obra. Con la ciencia pasa lo mismo: ¿cómo juzgar la ciencia con sólo el contexto, desconociendo la información científica a discutir?

46 Feyerabend, Paul. *Adiós a la razón*. Ed. Tecnos. España, 1984.

Hay comunicadores de la ciencia que para hacer sus proyectos se apoyan en teorías y reflexiones que la literatura, la psicología, la pedagogía, la lingüística y otros campos –muchos de ellos pertenecientes al ámbito de las ciencias sociales y las humanidades- han formulado.

Cada una de éstas aporta al discurso de comunicación de la ciencia distintas perspectivas, técnicas y teorías, pero sobre todo, permite entender cómo es que un comunicador de la ciencia se aprecia a sí mismo y a su lector en el proceso de comunicar su discurso: ¿cuál es el papel que juegan cada uno de los actores en el artículo, el museo, el cartel?, ¿es el comunicador de la ciencia un informador que fomenta el surgimiento de un pensamiento racional en su lector?, o por el contrario ¿considera el primero que el interlocutor *ya* piensa racionalmente?, ¿cuál es el rol de poder que un comunicador de la ciencia asume con respecto al *otro* con quien intenta comunicarse?, ¿es este último su destinatario, su lector, su interlocutor?

Las disciplinas que a continuación se detallan han estudiado estos problemas desde sus distintas perspectivas. Cada una puede ayudar a perfilar a los actores en el proceso de comunicación. En el caso particular de esta tesis, demostraré cómo, a partir de las coincidencias entre estas disciplinas, se logró configurar una incipiente delimitación del concepto de *interacción* para analizar y realizar textos visuales para comunicar ciencia.

2.3. Disciplinas que enriquecen

el discurso de la comunicación de la ciencia

2.3.1 La literatura

Según Ana María Sánchez Mora “El uso de los recursos literarios tiene una finalidad que sobrepasa a la mera comunicación de ideas: producir para la mayoría de la gente una emoción afectiva o estética”¹.

Tales recursos son necesarios, pues con ellos se establecen conexiones entre lo conocido y lo que se está por conocer; entre la experiencia común y la experiencia científica; entre lo concreto y lo abstracto. Con los recursos literarios la ciencia aterriza en la vida cotidiana, y se puede interpretar en términos con los que estamos familiarizados. Una narración o un argumento son estructuras ya conocidas por casi todos, pues medios como el cine o el libro nos han entrenado para entenderlos.

Los recursos literarios ayudan a clarificar los conceptos científicos a través del uso de metáforas, paráfrasis, analogías y otros elementos contextualizadores –elementos que también tienen que ser elegidos con base en el bagaje previo que el destinatario posee. Finalmente es, como dice Martha Tappan, recurrir al “recurso de lo reconocible”².

Pero hay algo tan importante como la contextualización. En su “Kama Sutra de la divulgación escrita”³, el físico y divulgador Sergio de Régules apunta que el estilo, una estructura adecuada y el colorido son recursos literarios que atraen el interés y enganchan al lector. El *colorido* es un concepto que, por un lado, a) se hace cargo de la *forma* recomendando una dosis de humor y la inserción de experiencias emotivas; y b) por otro lado, invita a encontrar una manera inesperada de comenzar y aplicar la táctica de la *indirección*⁴ para atrapar en el *contenido*.

Hago hincapié en uno de los recursos, el *colorido*, pues dos de sus partes se refieren a la formulación de contenido del texto lingüístico: buscar una manera inesperada de comenzar, e intentar decir algo sin explicitarlo. Estos son los principios de la *interacción literaria*. El escrito explícito deja pocas oportunidades al lector de establecer sus propias imágenes mentales, de re-escribir el escrito y hacerlo personal. La idea es permitir que el lector sea co-partícipe en la narración por medio de desvíos en el camino narrativo y de escenificación de eventos implícitos, no explicados.

Ana María Sánchez Mora lo expone así: “No es únicamente tomar la experiencia cotidiana, o la inclusión de arte o cualquier otro recurso lo que define un buen texto de divulgación. El placer que produce el texto tiene mucho que ver con la manera en que se involucra al lector”⁵. Es decir, el buen texto de comunicación de la ciencia enfatiza el carácter *virtual* del texto –en este caso, lingüístico. El texto sólo alcanza la concreción después de haber sido leído por alguien, de haber sido re-construido. El texto siempre designa un papel –activo o pasivo- al lector, pero la lectura es “únicamente placentera cuando es activa y creativa”⁶.

En el caso de los textos lingüísticos, también hay principios gestálticos, definidos como la “autocorrelación de signos textuales. [...] La parte del lector [...] consiste en identificar la conexión entre signos”⁷. Queda claro que hay que darle oportunidad al interlocutor de identificar signos, relacionarlos coherentemente y otorgarles significado conjunto a través de la imaginación. Esto es *interacción*.

Nótese algo relevante respecto a la literatura: todo lo mencionado puede ser aplicado en la planeación de textos visuales para comunicar ciencia. Tanto comunicación visual como literatura comparten la idea de que el lector es co-autor del texto, siempre y cuando pueda existir como personaje activo que concreta, que otorga significado final.

La co-autoría tiene su *origen y límite* en los códigos comunes entre el autor del texto y el interlocutor que lo interpreta, en los referentes compartidos entre uno y otro actor y en el convenio respetado que se ha establecido socialmente para crear e interpretar cierto texto.

2.3.2. La psicología

Existe un problema con respecto a la noción de aprendizaje en los comunicadores de la ciencia: generalmente se cree que la intención -el objetivo- de la comunicación de la ciencia no es enseñar, es decir, se piensa que no se realiza un proceso de aprendizaje por parte del interlocutor. Pero hay una confusión, pues si es cierto que la comunicación de la ciencia no intenta enseñar, instruir en el sentido escolar –formal-, sí intenta propiciar el *entendimiento*. Recordemos que la comunicación de ciencia apela al goce de *comprender* algo, e incluso, intenta cambiar las actitudes del público con respecto a la ciencia⁸. Y el cambio de actitudes sólo se debe a que se ha desencadenado un *proceso de aprendizaje*⁹.

Valeria García Ferreiro lo explica de esta manera: “El destinatario de estos mensajes [de enseñanza formal y comunicación de la ciencia] no tiene dos maneras de entender: una cuando se le trata de enseñar y otra cuando se lo trata de informar. (...) tenemos que aceptar que las condiciones de asimilación del destinatario son las mismas en el caso de la enseñanza que en el caso de la divulgación científica y que la dicotomía enseñanza vs. divulgación, no

se sostiene cuando tomamos en cuenta al *destinatario*¹⁰. Yo apuntaría una precisión: no se sostiene cuando tomamos en cuenta el proceso por el cual el destinatario comprende –y aprehende- algo.

Queda claro, pues, que la diferencia entre educación y comunicación de la ciencia está en los objetivos –la intencionalidad- y no en el proceso por el cual apelan a la comprensión de algo. Es en este sentido que la psicología nos ayuda no sólo a entender cómo ocurre ese proceso, sino a realizar proyectos de comunicación que tengan como base teórica los argumentos que la epistemología ha expuesto.

Enunciaré de manera somera algunos desarrollos teóricos que ayudarán a perfilar un fundamento cognitivo para la comunicación de la ciencia:

-Primero describiré aquéllos que, si bien no pueden sostenerse como teorías del aprendizaje, pues provienen de planteamientos conductistas –y argumentaremos por qué no podemos fundamentar un planteamiento cognitivo en términos conductistas-, sí llegan a descubrir algunas regularidades con respecto a la manera en que organizamos y retenemos la información. Estos son los desarrollos teóricos que, si bien no nos sirven como modelo epistemológico por razones que se explicarán, sí sirven para encontrar buenos puntos de referencia a tomar en consideración para lograr mejores planes en la cuestión de *forma* del diseño.

-Después, para perfilar un fundamento cognitivo, explicaré someramente la epistemología genética de Jean Piaget. Valeria García Ferreiro advierte que “La noción de *interacción* que se sostenga no es una cuestión de opinión, es un término que sólo adquiere significado si se aclara bajo qué teoría del aprendizaje se la está considerando”¹¹. Expondré a qué se refiere la epistemología genética con el concepto de *interacción* para poder sentar las bases del argumento final en esta sección: no hay aprendizaje –es decir, un cambio de actitudes- sin interacción. En este fundamento cognitivo delimitaremos las bases para abordar la parte de *contenido* del diseño de los textos visuales.

2.3.2.1. La teoría del procesamiento humano de la información

Esta teoría tiene como postulado principal la afirmación de que el ser humano es un procesador activo de información: los estímulos causan de manera automática cierta respuesta.

En la teoría se contempla la cuestión de que la información tiende hacia un estado entrópico, pues durante el proceso de comunicación hay múltiples factores que generan ruido: “La transmisión de información está repleta de posibilidades de error. El transmisor puede mandar el mensaje mal, el medio puede añadir tanto ruido como para revolver el mensaje y el receptor puede oírlo mal o incluso interpretarlo equivocadamente”¹².

La única manera de contrarrestar esta pérdida es creando *redundancia*: la repetición de la información a través de distintas vías, como por ejemplo, mediante el uso de una multiplicidad de canales por los que se transmite el mismo mensaje. También se puede lograr redundancia en forma de *reglas*¹³: cómo operar siempre en ciertas condiciones dadas. Por ejemplo, siempre que vemos la señal del semáforo en rojo sabemos que debemos detenernos. Debido a que éstas limitan el rango de posibilidades, se facilita así la interpretación de la información transmitida. Estos limitantes permiten al lector reconocer los elementos para poder interpretar la comunicación. El papel de la redundancia es, pues, incrementar la probabilidad de una adecuada recepción e interpretación del mensaje. Una de las reglas principales de este planteamiento durante el diseño de interfaces¹⁴ es, precisamente: “a objetos iguales, conductas iguales”. La redundancia dirige la interpretación.

La teoría considera que la manera de procesar del cerebro humano es análoga al de



una computadora. El pensamiento es considerado como un procesamiento de información que se guarda en una memoria y se administra a través de una unidad procesadora con mecanismos de entrada y salida.

A través de los estudios que algunos psicólogos realizaron, se lograron obtener datos que conviene tomar en cuenta al plantear un proyecto de comunicación científica. Esta teoría expone que hay limitantes de la memoria, pues en efecto, ésta puede “llenarse”.

En 1956 George Miller se percató de que la memoria tiene un límite finito para retener información, e incluso encontró un número “mágico”: cinco elementos en promedio, siete como máximo. Además, advirtió que los organismos tienden a organizar la información en trozos (*chunks*) más manejables, trozos que aligeran la carga para la memoria: no es lo mismo memorizar algo sin conexión con nada, de manera arbitraria, sin sentido inherente -cosa que requerirá del “conocimiento de la cabeza”-, que memorizar relaciones significativas, organizaciones de información con coherencia interna de algún tipo –memoria que requerirá del “conocimiento del mundo”¹⁵.

Por ende, se entiende que se debe respetar tal límite. Los trozos deben constituir un algo coherente, y no deben exceder en número a siete¹⁶.

2.3.2.2. La teoría cognitiva de Norman

Esta teoría está inspirada en el modelo de procesamiento humano de la información antes descrito. Donald Norman es un psicólogo experimental que se dedica al estudio de los artefactos e instalaciones de trabajo, y a la manera en cómo son *interpretados* para ser utilizados. A lo largo de sus investigaciones se percató de que el uso inadecuado de tales artefactos e instalaciones se debe al error humano, pero no al de quien los usa, *sino al error de quien los diseña*. El problema es que, cuando la gente tiene dificultades con el uso de estos artefactos e instalaciones, no se da cuenta de que éstas se debieron a su mal diseño, y entonces tienden a culparse a sí mismas por el error¹⁷.

Dentro de las metas que Norman fija para los que llamará “enseres informáticos”¹⁸, no sólo se encuentra la usabilidad, sino el placer, cosa que se obtiene cuando el usuario tiene el control de la situación. Sólo así disfruta el uso del artefacto.

Norman comienza diciendo que los seres humanos somos entes que constantemente generan explicaciones para poder abordar eficazmente al mundo. Estas explicaciones están hechas a partir de modelos mentales -modelos que, a su vez, pueden generar otros modelos mentales. El problema es que cuando el usuario se enfrenta a un objeto que ha sido diseñado sin un modelo mental adecuado y planeado, el usuario se inventará uno, quizá inadecuado, para poder emplear el enser informático. Incluso puede inventarse rituales que le permitan controlar de alguna manera lo que está tratando de usar, leer o ver¹⁹. Un diseñador de enses debe evitar que el usuario tenga que estarse inventando rituales para ver cuál de todos le permite usar mejor el enser. ¿Cuánto tiempo soportará el pobre usuario antes de darse por vencido en esta búsqueda?

Otra manera de permitir que el usuario se sienta en control ante el uso de un enser informático es esta: Norman expone que hay ciertas fuentes de las cuales proviene la información en el mundo –y me atrevo a afirmar que, también, a través de las cuales podemos encontrar patrones para entenderlo: las *permisibilidades* y las *restricciones* físicas, naturales, y sociales.

- Las permisibilidades “son las propiedades percibidas y reales de los objetos que nos proporcionan *pistas* sobre cómo es que trabajan. Las permisibilidades -que Norman llama “*affordances*”- definen las relaciones entre los objetos y el usuario”²⁰. Por ejemplo, nunca sabremos para qué sirven los botones del menú de un horno de microondas si no tenemos



algún referente que indique su función. Las permisibilidades deben ser, en efecto, evidentes y dispuestas conforme a convenciones sociales. Si no los son, *el usuario no intentará operarlas o no sabrá cómo hacerlo*.

-Las restricciones son contrarias a las permisibilidades. Las restricciones pueden ser físicas, lógicas o culturales, y también ayudan a operar un objeto de cierta manera.

- o Una restricción física evita que el usuario realice una acción equivocada, pues es físicamente imposible realizarla. Nadie utilizaría una cuchara para usarla como llave en la chapa de una puerta.
- o Una restricción lógica se da al finalizar el proceso. Si al final algo no resulta, no se entiende, algo sobra, es que algo estuvo mal, y es necesario retomar el camino para entender. Si nos sobran piezas al armar un librero, sabremos que algo anda mal.
- o Por último hay restricciones culturales, como por ejemplo, las convenciones que se deben atender con respecto al orden de lectura de una cultura dada²¹.

En conclusión, de esta teoría podemos retomar la idea de que, en efecto, es responsabilidad del diseñador hacer inteligible su diseño, inteligibilidad que puede lograrse a partir de la definición de un modelo mental correcto –un camino por el cual se pueda concretar un modo de interpretación del diseño- a través de pistas evidentes. Las permisibilidades y las restricciones permiten descifrar “por dónde va” la interpretación y el uso.

Debo afirmar, dentro de esta conclusión, que gran parte de la teoría de Norman tiene su fundamento en la *experiencia* como generadora de conocimiento. Las permisibilidades y las restricciones pueden ser aprendidas a partir de un proceso inductivo que evalúa las experiencias a través de un mecanismo de prueba y error. Es a partir de esta evaluación que se puede obtener conocimiento de cómo operan las cosas, y en general, del mundo. Comparemos este planteamiento con el siguiente, el de la teoría de la Gestalt.

2.3.2.3. La teoría de la Gestalt

La *Gestalttheorie* es bien conocida por los comunicadores visuales. Constituye uno de los fundamentos a través del cual se pueden *deducir* y, por lo tanto, *estructurar* los textos visuales. No me interesa detenerme a profundidad en lo que esta teoría expone, sólo enunciaré algunos aspectos relevantes a esta argumentación.

Contrariamente a lo que la escuela psicológica asociacionista planteaba²², el movimiento de la Gestalt –con representantes como Koffka, Werheimer, Lewin y Köhler- afirma que no hay tal cosa como una sensación pura, pues tal cosa nunca ha sido vivida, y como tal, no existe. Así, la *forma* es algo más que la suma de sus elementos. La forma es total y autónoma de lo sensible, independiente de todo aparte de la forma completa. La estructura interna de la forma está determinada por el conjunto –no por las partes. El carácter de la percepción es, así, *totalizador*. Por lo tanto, no hay necesidad de recurrir a la experiencia previa ni a un juego de asociaciones para poderse explicar la forma.

Hay factores que determinan la organización de los objetos –para los comunicadores visuales nos es relevante el fenómeno de organización que se da dentro del campo visual- independientes de la experiencia previa. Estos factores tienen que ver con condiciones de proximidad y/o posición en el espacio, de semejanza entre los elementos –en color, forma o dirección, por ejemplo-, de tendencia a completarse en formas cerradas, de igualdad de movimiento y de adaptación debida a la experiencia²³: es decir, se perciben formas continuas con la explicación física más simple y que se constituyen con una figura y un fondo²⁴.

Finalmente, lo que el cerebro hace es buscar la forma más simple posible, la estructura más estable. A esto se le conoce como tendencia a la *pregnancia*²⁵.

Los ggestaltistas -Koffka, especialmente-, afirmaban que si las condiciones del objeto/forma *externas* no se organizaban para lograr una *pregnancia*, entonces una tendencia *interna* del que percibe modifica la sensación original para conseguir un objeto/forma de mayor estabilidad y simplicidad²⁶.

Hago notar que esta tendencia del cerebro a simplificar y estabilizar tiene el propósito de reducir la carga de información, *justamente lo que describen los teóricos de la información*. El cerebro organiza en trozos totales para poder lidiar con una constante carga de información sin saturarse con los detalles. Extrae la información esencial mediante un mecanismo de discriminación. He aquí una economía en la interpretación y la transmisión de información que no tiene nada que ver con la experiencia previa. El cerebro lo hace, y punto.

Así, simetría, semejanza, continuidad y proximidad reducen la incertidumbre en la interpretación porque proporcionan información *redundante*: "las leyes ggestaltistas actúan porque aseguran una eficacia máxima en la percepción por medio de dos principios: primero, ponen de relieve el aspecto informacional *básico* de la forma; y, segundo, reducen al mínimo los errores por medio de la *redundancia*"²⁷.

De la Gestalt podemos entender que siempre es mejor lo básico, lo simple y lo estructurado en cualquier proyecto de comunicación –en este caso, de ciencia. Cuanto más *pregnante* –simple y estructurado- sea un texto, menor será la incertidumbre de interpretación y la consecuente necesidad de adaptación –de *pregnantización*- del destinatario –o como dijera Norman, menor será la necesidad de creación de rituales. En caso inverso, si la información es más compleja, mayor será la necesidad del destinatario de cambiarla para estabilizar, simplificar y así poder "almacenarla". Finalmente, apuntaremos que el enfoque ggestaltista es sensorial, y *aunque tenga el matiz de totalizar la experiencia sensible, sigue siendo un enfoque de tipo mecanicista*.

2.3.2.4. Los problemas de los planteamientos anteriores

La teoría de la información y la *Gestalttheorie* son planteamientos conductistas en los cuales no figura la capacidad cognitiva del individuo –aquello que Kant suponía en el ámbito de la *razón*, siendo ésta un instrumento organizador, un categorizador u ordenador de las experiencias sensibles que es la que finalmente les da sentido y coherencia, pero que además *genera sus propios contenidos*. Todas las teorías antes mencionadas son conductistas en esencia, pues enfocan los fundamentos de sus planteamientos desde lo sensorial aunque pretendan integrar la experiencia a sus argumentos, pues tal tiene como base, a su vez, la *suma* de experiencias obtenidas a partir de los sentidos.

A pesar de los esfuerzos de los psicólogos por acabar con la tendencia conductista –aquella que plantea que el estímulo desencadena la acción- que seguía la psicología desde sus orígenes, lo cierto es que, en el fondo, seguían siendo conductistas. Aun cuando éstos intentaban argumentar en contra de teorías como la Gestalt diciendo que la percepción no solamente se da en virtud de factores de ordenamiento sensorial, sino también a partir de las vivencias que otorgan significado, lo cierto es que la base de tales argumentos sigue siendo eminentemente sensorial²⁸.

Lo cierto es que inclinarse por uno u otro –lo sensorial o lo vivencial, que finalmente se reduce a lo sensorial- deja incompleto el panorama. Ninguna de estas teorías da cuenta del proceso de aprendizaje en su totalidad, pues se quedan inmersas en sólo una parte del proceso cognitivo.



En la escuela conductista y sus derivadas se planteaba que, primero, “la percepción se nos revela con carácter de síntesis (...) [el cerebro] integra y organiza en su conjunto (...) los datos sensoriales” para luego incorporarlos a “imágenes evocadoras de nuestras anteriores percepciones del mundo exterior [para suscitar] el reconocimiento de los objetos conocidos. Finalmente, también entran a formar parte de esas organizaciones elementos intelectuales”. Es decir, afirman que lo que opera es una *suma* de experiencias con origen sensorial. El conocimiento comienza con la recepción de datos simples provenientes de lo sensible; la suma de éstos hace que la experiencia se torne cada vez más intelectualizada, rebasando el campo de lo puramente sensorial²⁹. Entonces se logran tener conocimientos complejos. Estos elementos intelectuales van siendo más maduros –mejores- a medida que la experiencia sensorial y vivencial es mayor.

El problema del paradigma conductista es que implica que sólo hay una manera lógica de pensar que se puede ir adquiriendo con el tiempo y la suma de experiencias. Bajo esta premisa, un niño es “menos lógico” que un adulto³⁰. Este paradigma supone que es a través de la experiencia –que comienza con el dato sensorial- que el niño se dará cuenta de su error, y entonces corregirá su pensamiento.

Pero esta concepción de aprendizaje ha sido rebatida por muchos experimentos: por ejemplo, no importa *cuántas veces* a un niño muy pequeño se le intente demostrar que dos bolitas de plastilina idénticas contendrán la misma cantidad de materia, aun cuando cambien de forma. El niño no responderá como esperamos: si se le pregunta cuál tiene más, indefectiblemente escogerá una –aun cuando haya presenciado que originalmente eran la misma cantidad. No es sino hasta el momento en que algo pasa en su estructura cognoscitiva que puede entender la relación *coordinada* entre masa y volumen aparente.

Con este tipo de experimentos quedó demostrado que el aprendizaje no es resultado sólo de la experiencia sensorial, ni de la experiencia previa, ni de la simple suma de ambos. Hay algo más.

2.3.2.5. La epistemología genética¹

Este planteamiento fue expuesto por Jean Piaget y desarrollado a lo largo de 70 años. Las preguntas que Piaget se hizo no se enfocaban a cómo se adquiere cierto conocimiento, sino *cómo es que se pasa de un estado de conocimiento a otro*. Es decir, al observar los experimentos, se dio cuenta de que no es que los niños sean menos lógicos. Las conductas consideradas “absurdas” de los niños son en realidad *parte integral de un sistema de pensamiento* y por ello se consideran lógicas. La lógica de cada estado de conocimiento se da *a partir de lo que el individuo puede coordinar y relacionar con los instrumentos cognitivos que posee*³².

Lo que se estudia, entonces, es cómo se va de un sistema de pensamiento a otro. Y si lo que se estudia es ese proceso, no puede establecerse un punto de partida en el origen sensorial, sino en el cambio de estados de conocimiento desde el mismo momento en que el individuo nace³³. En pocas palabras, “El conocimiento no es un estado, sino un proceso”³⁴.

Según Piaget el proceso cognitivo es constructivo: en cada estado de conocimiento hay cierta organización, con una estructura lógica derivada de los conceptos asimilados por el individuo. A estos estados Piaget les llamó *estadios*.

En el transcurso de un estadio a otro hay reorganizaciones parciales que, a la larga, obligan al individuo a reestructurar totalmente su pensamiento. Así encontrará una etapa de equilibrio. Pero el proceso de equilibración puede traer, a su vez, un nuevo desequilibrio. De esta manera, el conocimiento no se desarrolla por una acumulación cuantitativa de experiencias o estímulos, sino por sucesivas reorganizaciones que implican cambios

cualitativos³⁵. Este proceso refleja la constante búsqueda de equilibrio en el sentido de *coherencia*. Cada estadio tiene, pues, su coherencia interna. Por eso cada estadio es lógico. Cada ajuste es una búsqueda de coherencia interna³⁶. “La equilibración consiste en una serie de *compensaciones* activas del sujeto en respuesta a las perturbaciones exteriores y en una regulación retroactiva y anticipadora (...)”³⁷.

Cada estadio se caracteriza por una estructura lógica específica que explica una reacción particular³⁸. Estas estructuras son integrativas, no se sustituyen unas a otras. Las estructuras se construyen a partir de la precedente, y preparan al pensamiento para la siguiente estructura: de ahí su característica retroactiva y anticipadora.

Así se puede afirmar que el desarrollo del proceso cognitivo es el mismo en todos, desde un niño hasta un científico, un artista o un obrero. Los mecanismos de construcción son comunes a todos. Estos mecanismos se clasifican en tres categorías:

a) *Instrumentos comunes de adquisición de conocimiento*. Entre estos se encuentran:

o La *asimilación*. Incorporación de cualquier dato a sistemas de acción en un niño pequeño, y luego, a esquemas conceptuales en los niños más grandes. Esto sucede paulatinamente, durante el paso y la transición por cada uno de los períodos: sensoriomotriz, preoperatorio, de operaciones concretas y de operaciones formales³⁹.

La asimilación permite la acción del sujeto sobre su objeto de conocimiento. Piaget afirmaba que “asimilar equivale a estructurar”⁴⁰. Con la asimilación se explica el concepto de *interiorización*: sólo aquello que es asimilable –a partir de los instrumentos cognitivos que ya tiene el sujeto– puede ser interiorizado⁴¹. Interiorizar es, pues, hacer que ciertos aspectos de la actividad que se ha realizado en un plano externo sean ejecutables en uno interno. Es decir, sean *abstraídos*. Así, finalmente, la interiorización es la que puede propiciar la construcción de imágenes mentales. Hasta entonces es posible *hipotetizar*.

o La *acomodación*. Es el mecanismo antagónico y complementario de la asimilación: designa la transformación que el sujeto experimenta en virtud del objeto de conocimiento.

Estos instrumentos sustituyen a la noción de conocimiento como copia o imitación –que enfatiza únicamente la parte de la acomodación–, por una de continua construcción y reestructuración. La *adaptación*, pues, es el resultado del interjuego entre la asimilación y la acomodación. Así, nos podemos percatar de que “todo conocimiento implica siempre una *acción*⁴² del objeto sobre el sujeto cognoscente y una *acción* del sujeto sobre su objeto de conocimiento”⁴³.

b) *Los procesos que resultan de estos instrumentos* – de la asimilación y la acomodación. El proceso más importante, que proviene del interjuego antes expuesto, es la “búsqueda de razones”⁴⁴.

c) *Los mecanismos de conjunto*, que condensan el resultado de estos procesos e imprimen una dirección general. Son dos:

o Primero, es el mecanismo que se gesta desde un primer nivel (*intra*) de descubrimiento de las propiedades de un objeto o evento; pasa por un segundo nivel (*inter*), en el cual se establecen las relaciones entre estas propiedades, -propiedades de objetos aislados- estudiados en el primer nivel, y finalmente, un tercer nivel (*trans*), en el que se pueden ya deducir las propiedades y relaciones de objetos y eventos a partir de lo estudiado en niveles anteriores.

° El proceso que conduce del nivel intra al trans implica que se alcance cierto equilibrio. Pero esto produce, como se ha dicho, también desequilibrio. El *mecanismo de equilibración* sirve como re-estructurador continuo entre desequilibrios. Este mecanismo es un constante vaivén de equilibrios y desequilibrios que caracterizan a la adquisición de cualquier conocimiento.

Quede claro que la acción del medio en el sujeto no es el factor único que determina el aprendizaje⁴⁵. Tampoco es fuente del conocimiento la acción directa –física- sobre los objetos. No es sólo a través del conocimiento del yo o el conocimiento del objeto como se obtiene conocimiento, sino mediante la *interacción* simultánea entre los polos: “la inteligencia organiza al mundo organizándose a sí misma”⁴⁶. Tomemos esto en consideración para entender la idea de interacción expuesta más adelante.

Para que cada noción exista –como por ejemplo, la noción de volumen, de masa o de tiempo-, debe existir cierto esquema de pensamiento que se caracterice por tener relación directa con el “croquis” lógico que el sujeto es capaz de manejar en cierta etapa de su desarrollo: *sólo es posible observar lo que permiten asimilar los instrumentos que ya han sido construidos*. Valeria García Ferreiro lo explica así: “Un “observable” no se aprehende directamente, sino que ‘se torna observable’ cuando se tienen los instrumentos de asimilación adecuados”⁴⁷.

Una vez construidos los esquemas, la acción del sujeto sobre los objetos juega un papel primordial. Así, el sujeto sólo asimila dentro de las posibilidades que esquemas anteriores le brinden. Como se ha dicho, en una etapa primigenia los esquemas son de acción física –que constituirán una primera clasificación del mundo, una organización lógica primaria-, y progresivamente se constituirán en acciones conceptuales –siempre estructurados en esquemas previos.

En otras palabras, para que se pueda apreciar un dato es necesario poseer los instrumentos cognitivos adecuados específicos a ese registro⁴⁸. Además, debe existir una manera de coordinar los registros –los distintos planos de acción-, es decir, de relacionar las nociones y esquemas que se van construyendo⁴⁹.

2.3.2.5.1. Manipulación motriz o transformación cognitiva: el problema de la interacción

Se ha dicho que en un primer momento del desarrollo –específicamente, en el preoperatorio- es necesario efectuar una acción manipulativa sobre el objeto para verificar cierto resultado. Posteriormente –en el nivel de las operaciones concretas- será posible deducir resultados sin necesidad de verificaciones. Sin embargo, en este nivel es necesaria todavía la manipulación para poder asimilar los datos. Solamente hasta un nivel más alto –el de las operaciones formales- “se puede operar sobre signos arbitrarios y sobre situaciones hipotéticas”⁵⁰.

Tomando en cuenta lo anterior, por *acción* Piaget no sólo se refiere a la transformación física de un objeto –manipulación motriz-, sino también *conceptual* –asimilación e interiorización del objeto. Es decir, la acción involucra no sólo una transformación física del objeto, sino una transformación conceptual del sujeto, para que así, ésta modifique o amplíe el alcance de sus esquemas, o sea, *para que aprehenda*.

Notemos con lo anterior que “la acción directa (la acción motriz sobre los objetos) no hace surgir [espontáneamente y necesariamente] los instrumentos de asimilación necesarios para esa experiencia”. En resumen, si bien puede favorecerla, la manipulación motriz –de corte físico- *no garantiza la interacción*. Con seguridad lo hace la abstracción –de corte conceptual.

Piaget explica que hay dos tipos de experimentar los objetos o eventos de



conocimiento: una es la experiencia física, misma que servirá para abstraer las propiedades de ese objeto o evento, y otra es la lógico-matemática, que consiste en “actuar sobre el objeto para conocer el *resultado de la coordinación de las acciones* (...) El conocimiento es abstraído de la acción y no de los objetos”⁵¹. En este sentido, la abstracción –que posibilita las coordinaciones de las acciones del sujeto- precede a las manipulaciones físicas.

En conclusión, no debemos caer en el prejuicio de que una vez permitida la manipulación motriz garantizamos la interacción. Tampoco es suficiente con apelar a la experiencia previa para lograr la interacción con el destinatario. Recordemos: “todo conocimiento implica siempre una *acción* del objeto sobre el sujeto cognoscente y una *acción* del sujeto sobre su objeto de conocimiento”, entendida la acción como una transformación no sólo física, sino *conceptual*. En efecto, “la inteligencia organiza al mundo organizándose a sí misma”. Si no se da oportunidad a que se disparen los mecanismos necesarios para propiciar la *abstracción*, no hay *interacción*⁵².

2.3.3. La pedagogía

Antes de explicar cómo es que la pedagogía ha aportado algunos recursos para mejorar la comunicación de la ciencia, cabe hacer una aclaración: epistemología no es pedagogía. Los primeros tienen la capacidad de redefinir el término de aprendizaje. Sin embargo, no son ellos quienes deban decidir qué es lo que deben aplicar los pedagogos en sus técnicas de enseñanza –ni los comunicadores de la ciencia en su labor. Sólo pueden mostrar hechos que el pedagogo –o el comunicador- pueda utilizar, no decidir cómo deben hacerlo⁵³.

En este apartado expondré algunas técnicas pedagógicas que aconsejan propiciar lo que llaman el “aprendizaje significativo”⁵⁴, y cómo plantean que se puede lograr.

Nuevamente aclaro que comunicación de la ciencia no es enseñanza, pero ambos planteamientos apelan a la comprensión por parte del interlocutor.

2.3.3.1. Planteamientos pedagógicos paralelos a modelos de comunicación de la ciencia

Algunos educadores proponen que hay dos tipos de aprendizaje: el *repetitivo*, que ocurre cuando se basa en asociar arbitrariamente información, memorizando sin más, al pie de la letra. En este enfoque, predomina la idea de que decir es enseñar: “Al maestro le toca hablar, y al estudiante escuchar”⁵⁵. Por el contrario el segundo tipo, el *significativo*, propicia las relaciones sustantivas con lo que el alumno ya sabe. Este enfoque es, pues, piagetiano.

Yo, profesor, tú alumno (Yo científico. ¿y tú?)

Durante el curso de sus estudios, Harold H. Anderson⁵⁶ encontró que hay una gran diferencia en la disposición psicológica del estudiante cuando se le plantea la información como orden o como petición: hay una diferencia entre “decir” y “pedir”. Con respecto a las decisiones a tomar en clase, los alumnos pronto logran entender cuál será el papel del profesor, -sea como una persona central o periférica. Pronto entenderán, también, cuál es el suyo.

El profesor que da al alumno una posición periférica, externa al establecimiento de los objetivos y de las relaciones sociales, es llamado *preclusivo*. En contraposición, el comportamiento del profesor que tiende a mantener a los alumnos como puntos centrales para encontrar los objetivos de enseñanza y que fomenta interacciones sociales en términos de equivalencia es *inclusivo*.

- En el caso del comportamiento preclusivo del profesor, se observa un modelo de *dominación*: se caracteriza por una rigidez o inflexibilidad del objetivo o propósito y por la indisposición del profesor a aceptar las contribuciones de otros. Esta postura trata de borrar las diferencias, pues lo que intenta es hacer que los demás actúen de acuerdo a los estándares propios del emisor⁵⁷: los deseos, propósitos, estándares, valores y el juicio de otros no cuentan. En este modelo, los contratos sociales que los involucrados *asumen* provienen directamente del juicio del maestro. Las relaciones de dominación exponen al profesor como un ser rígido, o en el peor de los casos, como necio, pues trata de hacer que los otros actúen de acuerdo con sus designios y valores, relativamente estáticos.

En el patrón de dominación:

- Se *alecciona* sobre las ideas o el conocimiento propios.
- Se dan instrucciones en forma de órdenes.
- Se critica o desprecia el comportamiento del alumno, y se intenta modificarlo⁵⁸.
- Hay una tendencia a justificar su propia posición de autoridad⁵⁹.

- En el segundo caso, el comportamiento inclusivo, existe un modelo *integrativo*: se pide la participación del otro y, mediante explicaciones –y como veremos, sobre todo mediante *argumentos*–, se hace una *petición* significativa –o sea, que tenga sentido– para el otro, con vistas a que éste coopere voluntariamente. No sólo se trata de conseguir forzosamente las metas del que hace la propuesta, sino que se puedan encontrar metas comunes para que el esfuerzo sea satisfactorio para todos⁶⁰. Además, *se intenta reducir el conflicto*. Se utilizan las diferencias para interesar, es decir, se integran las diferencias para crear algo nuevo y que no existe en la mente de quienes están involucrados. El comportamiento integrante es flexible y adaptativo.

En esta dinámica el profesor busca, explora y pondera los intereses del pupilo y lo acepta tal cual es. Hace una invitación para que éste último emita sus propias propuestas –es decir, sus posibles respuestas⁶¹. El profesor ayuda al alumno a exponer o redefinir un problema, y aprueba que así sea. En esta situación, sobre todo, el profesor admite su propia responsabilidad, ignorancia o incapacidad cuando sea necesario⁶².

El patrón de integración:

- Acepta, aclara y apoya las ideas y sentimientos de los alumnos.
- Alienta y enfatiza su esfuerzo.
- Hace preguntas para estimular la participación del alumno en la toma de decisiones.
- Hace preguntas para orientar a los alumnos durante el trabajo en clase⁶³.

Según Anderson y otros estudiosos, el patrón dominativo es antagónico al concepto de crecimiento y aprendizaje porque es auto-protectivo: es una expresión de la resistencia al cambio. Crecer es, pues, *abandonarse*. Es abandonar las estructuras, conceptos, patrones y valores presentes para integrar nuevos, aquéllos que están en proceso de surgir. Con la integración las diferencias hacen que lo nuevo surja: “esta emergencia de originalidad [se propicia] a través de la integración de las diferencias (...)”⁶⁴. Pero para abandonarse se necesita confianza en el otro. Entonces, el papel del educador no es enseñar, sino facilitar el cambio⁶⁵.

Así, la forma mediante la cual se establezca la relación maestro-alumno –o en su caso, comunicador-lector– estará directamente ligada a cómo el destinatario asumirá al destinador y a lo que se le ha propuesto: el comportamiento del que inicia la comunicación afecta la naturaleza de la motivación, la comunicación, la experiencia del sujeto de comunicación y, finalmente, la manera en que se posee de lo presentado.

Al ser conscientes de cuál modelo se está ejerciendo podemos esperar cierto



comportamiento del alumno como respuesta y por ende, el cambio que se registrará.

- La dominación induce *resistencia* -la cual, de paso, enseña y genera de nuevo dominación. Una relación dominante crea una situación de ansiedad. Así, provocará que, a su vez, la ansiedad del destinatario no sólo aparezca, sino que aumente⁶⁶. La respuesta del destinatario será disminuir la angustia: tratará de exponerse lo mínimo posible a la fuente de malestar. En una situación así, la iniciativa y el ánimo del destinatario quedarán automáticamente diezmados. Lo que quiere no es seguir, sino terminar cuanto antes con tal incomodidad⁶⁷.

- El modelo integrativo propiciará la participación y la buena disposición al diálogo y a las propuestas diferentes. Las ideas más creativas y constructivas surgen a partir de sistemas más democráticos y cooperativos, que fomentan la relación interpersonal entre los individuos⁶⁸.

Hay, pues, distintas maneras de asumirse en la relación maestro-alumno. Con base en lo anterior podemos “desmenuzar” la participación del profesor y el alumno en un proceso de comunicación. Yo integraré a cada situación comunicativa una lista de acciones que el estudiante puede realizar, dependiendo de lo que se le permite “ser” dentro de esta relación específica. Lo haré con el fin de ir sentando argumentos para definir una metodología de diseño que tenga como objetivo propiciar la interacción⁶⁹.

- Una primera situación comunicativa es aquella en donde el flujo de mensajes es unidireccional, del profesor al estudiante. Ambos participantes son necesarios pero no precisamente para compartir experiencias, sino uno como recipiente de los mensajes del otro. Esta es una modalidad meramente informativa, donde el profesor es un emisor, y el alumno un receptor pasivo.

En esta relación el estudiante sólo puede escuchar, ver, leer o memorizar lo que se le exponga.

- Una segunda manera de relación es bidireccional, pero se espera que el destinatario responda de acuerdo con un cierto criterio preestablecido por el emisor para que pueda proseguir la relación. Es un planteamiento de acción-reacción, de pregunta-respuesta. Es, en definitiva, un modelo asimétrico de relación profesor-alumno.

El último puede, en este tipo de relación, analizar la información para que responda como se requiere que lo haga.

- En tercer lugar, hay una comunicación simétrica. El profesor envía un mensaje, y el alumno reacciona emitiendo una respuesta que constituye *un nuevo mensaje*. Así, ambos miembros ajustan su realidad tomando en consideración las propuestas de cada uno. El flujo comunicativo puede, de esta manera, irse adecuando a las reacciones de los participantes.

En este nivel el estudiante puede no sólo analizar la información, sino reestructurarla, reconstruirla e, incluso evaluarla.

- Finalmente hay un cuarto modo de relacionarse: hay una recíproca asunción del rol. A veces el creador del mensaje inicial se torna destinatario, y viceversa. En este modelo hay una compenetración creada a partir de un contexto específico. Así, “los comunicantes –que después identificaremos como interlocutores- adoptan una conducta que les permite progresar en comprensión y conocimiento recíproco”.

Este modo permite que los involucrados no sólo evalúen y re-estructuren lo expuesto por unos y otros. Pueden, incluso, crear sus propias informaciones, planteamientos y propuestas, aplicables no sólo a la situación concreta de la discusión, sino en otros contextos.

Las dos situaciones enunciadas al final pertenecen al segundo tipo de aprendizaje, al significativo, y se realizan a través de modelos integrativos.

Para conseguir establecer una relación así, debe entenderse que el aprendizaje previo –lo que el alumno ya sabe- debió haber sido claro y estable. Sólo así éste podrá establecer una diferenciación entre el antiguo saber y el nuevo que está por aprender. Podrá distinguir las diferencias sustanciales entre uno y otro planteamiento⁷⁰. Sin embargo, debe considerarse que el nuevo planteamiento sólo puede ser fructífero –asimilado- en la medida que el alumno sea capaz de abordar los problemas que el planteamiento le presenta –es decir, si tiene el instrumento cognitivo pertinente para tal acción. En pedagogía se expresa como la posesión del “aprendizaje previo requerido (ideas pertinentes claras y estables) y el nivel de maduración necesario”⁷¹.

2.3.3.2. Atención y aprendizaje.

Estrategias cognoscitivas de valor para fomentar el aprendizaje

Lo anterior implica que durante el proceso de aprendizaje hay un momento en que se debe hacer una codificación del mensaje por parte del alumno. Tal codificación se realiza con base en los instrumentos cognitivos ya adquiridos y lo que se ha aprendido a través de ellos. El proceso de codificación está compuesto por cuatro momentos principales:

- *Selección*, en donde el estudiante pone atención selectiva en la información que ha estimulado de alguna manera sus órganos sensoriales. Transfiere así la información que ha seleccionado a la memoria activa. Para que un estímulo afecte el sistema nervioso debe ser percibido físicamente por los órganos receptores.
- *Adquisición*, donde la información sensorial pasa de la memoria activa a la memoria a largo plazo para un almacenamiento permanente. Aquí se activa un primer nivel de los instrumentos cognitivos: el estímulo sensorial es decodificado. El estudiante puede establecer una comparación entre la información pasada y el estímulo presente.
- *Construcción*, donde el estudiante establece conexiones coherentes, organizadas, entre las ideas de la información que ha llegado a la memoria activa, manteniendo así la estructura de la información unida. En este momento el alumno puede evaluar, y por lo tanto puede efectuar un proceso de valoración que llevará al rechazo o la aceptación de una propuesta novedosa.
- *Integración*, en el cual el estudiante transfiere el conocimiento previo a la memoria activa, y establece conexiones entre la nueva información y el conocimiento previo. Es entonces cuando no sólo puede evaluar, sino responder y ser parte del proceso de creación de esta información. Puede retroalimentar al profesor, es decir, a quien inició el proceso de comunicación⁷².

Los procesos cognoscitivos de selección y adquisición determinan cuánto es aprendido. Pueden realizarse a través de estrategias de estudio como la copia o la repetición. Sin embargo, los pedagogos advierten que estas estrategias no garantizan que se disparen los mecanismos cognoscitivos necesarios para lograr la construcción e integración, procesos que determinan la coherencia de lo aprendido y su organización lógica⁷³. Nótese que, nuevamente, *que se repita una y otra vez la experiencia no garantiza que la información contenida en ésta sea asimilada*.

Se cree erróneamente que el aprendizaje se obtiene a partir de la manipulación motriz: “un alto porcentaje del trabajo (...) se realiza exclusivamente en el área corporal”. Disociamos lo que se hace, de lo que se piensa mientras se hace. Se cree que pensar es una disociación con la tarea, “un pensar que no antecede ni sigue a la acción, sino que la *reemplaza*”⁷⁴.

Al tomar en cuenta las reflexiones anteriores se puede hacer una lista de prácticas que abrirán

la posibilidad de llegar hasta la construcción y la integración, es decir, de lograr la interacción:

- *Apelar al interés*

El interés se refleja en un conjunto de actitudes que dan atención selectiva a cierta información. Nos interesamos en aquello que nos proporcione placer, satisfacción, que mantienen la atención o que representan un reto. El interés genera una cierta disposición a la acción: “cuando una persona está interesada al percibir un objeto-meta como deseable, sobrevendrá la actividad como reductora de la tensión”⁷⁵. Debe tomarse en cuenta el factor de éxito: se deben proporcionar experiencias que puedan realizarse exitosamente. Tendemos a adherirnos a actividades que realizamos mejor, y nos alejamos de aquéllas que pueden hacernos fracasar o sentirnos inadecuados⁷⁶.

Una persona no tiene interés innato por algo específico. Se genera mediante el entorno ambiental, personal y la atmósfera cultural, y son cambiantes, dinámicos y contingentes.

El interés, finalmente, influye en el aprendizaje, pues orienta y define las conductas: la tendencia a la selección y aceptación de contenidos⁷⁷.

- *Atender las expectativas*

La expectativa es una inclinación del sujeto, constantemente orientada hacia la obtención de una meta. Tiene mucho que ver con el interés. Las expectativas del estudiante afectan la manera en cómo dirige su atención, codifica la información y la organiza, así como la manera de responder: le permite seleccionar las reacciones que tendrá ante la información.

La motivación que genera la expectativa puede definirse de tres maneras:

- Pulsión cognoscitiva: se adquieren conocimientos y créditos académicos porque constituyen un fin en sí mismos. Es “aprender por aprender”.
- Pulsión de mejoramiento del yo. La motivación por aprender existe para lograr un estatus que le permita, por ejemplo, tener mejores oportunidades laborales o cierto estatus socioeconómico.
- Pulsión afiliativa: el aprendizaje asegura la aprobación de una persona o grupo⁷⁸.

- *Propiciar eventos socializantes*

Los eventos de tipo social pueden mejorar la dinámica de aprendizaje, ya que en un grupo se facilita la generación de múltiples hipótesis. Por otro lado, si la tarea requiere de evaluaciones o toma de decisiones, el grupo puede reducir las presiones de la responsabilidad y la iniciativa propias de la contraparte individual. Un grupo puede estimular a los menos capaces y éstos, a su vez, pueden beneficiarse de los más capacitados. La competencia es un asunto que debe ser cuidadosamente abordado cuando se trazan programas socializantes⁷⁹.

- *Fomentar la práctica*

La pedagogía indica que la práctica estriba en la revisión o ensayo de cierto aprendizaje, es decir, como ejecución de tareas a través de las cuales podrá asegurarse la claridad y estabilidad de lo que se desea aprender: un ensayo confirma significados correctos, aclara ambigüedades y corrige concepciones falsas⁸⁰.

- *Fomentar la acción cognitiva*⁸¹

Algunas de las características convenientes que deberían tener los materiales instruccionales para lograrlo son:

- Emplear términos precisos, congruentes, no ambiguos.

Esto puede relacionarse con la idea antes expuesta de crear cierta redundancia en las pistas para poder dirigir la interpretación de un diseño, su uso, su control.

- Emplear apoyos concretos y analogías que faciliten la adquisición de significados.

Un apoyo que concreta es el texto visual. La materialización de cualquier clase de

texto a través de un medio ayuda a concretar, reinterpretar, y puede ser generador de significados –para bien o para mal, es decir, sean correctos o incorrectos⁸².

- Estimular un enfoque activo-crítico que aliente a los alumnos a reformular las ideas en su propio vocabulario y experiencias. Permitir la paráfrasis.

Se debe permitir la creación del propio texto, es decir, permitir al destinatario ser coautor.

- Presentar el contenido en un orden deductivo, iniciando con la información que posea las características explicativas e integradoras más amplias y generales.

El texto que comunica ciencia debe tener una estructura que permita la deducción: deducir cuáles son las pistas e interpretar el todo mediante estas pistas de naturaleza redundante.

- Organizar el contenido siguiendo una secuencia lógica.

Este principio parece evidente, pero hace falta recalcar que el orden obedece a la temática expuesta, y que todo texto debe tener un hilo conceptual en el cual cada idea sirva para entender a la siguiente.

- *Permitir la operación de una ideología*

Finalmente, debemos aceptar que todo esquema referencial es parte de una ideología, entendida como un instrumento que usa *el* humano, y no un instrumento que usa *al* humano. Lo que se debe permitir es que cada individuo opere con su propia ideología, es decir, que la use: “la ideología se integra y defiende –yo diría incluso, se modifica- operando con ella, no hablando sobre ella”⁸³. Debe fomentarse que tal ideología sea sometida a prueba y verificación, de tal suerte que sea coherente con una directriz y que sea adoptada por convicción⁸⁴.

2.3.4. Lingüística y comunicación

En este apartado integraré ambas disciplinas no porque sean lo mismo, sino porque abordan muy cercanamente el proceso de comunicar. Una, a través del estudio del ejercicio lingüístico, y la otra, del análisis del proceso de comunicación.

Con respecto a la lingüística, ya hemos abordado antes cómo ha estudiado las pertinencias del discurso de comunicación de la ciencia. También hemos observado en las secciones anteriores algunos conceptos que los comunicólogos han detallado. Describiré pues algunas otras precisiones para argumentar cómo estas disciplinas recomiendan propiciar la interacción.

Algunas consideraciones teóricas

Con frecuencia confundimos los términos lenguaje, lengua y habla, y los utilizamos indistintamente. Podemos decir, para delimitar su lugar, que el humano -dice Chomsky⁸⁵- tiene la capacidad innata para generar construcciones comunicativas sociales, culturales. Una de estas construcciones la constituye el *lenguaje*, y tal se conforma a través de un sistema específico, la *lengua*⁸⁶. La puesta en escena del acto lingüístico es el habla y su equivalente, el escrito. Ambas formas de utilizar los *signos* lingüísticos constituyen *textos*.

Pero hay otras formas de expresión, es decir, de comunicación. Hay también *signos* que provienen de lo visual, de lo auditivo o de lo táctil, por enunciar algunos.

Signo es, según Charles Peirce, una relación de tres entidades:

- Un *representamen*, o el cuerpo de signo, lo percibido sensorialmente y que, por ende, está en la mente.
- Un *objeto* del signo, que está en relación con el representamen, pues es lo

“enunciado” en la mente al percibirse el representamen.

- El *interpretante*, en su aquí y ahora.

Una primera relación entre estas entidades –una primera definición- se podría enunciar así: Signo es *algo* que se encuentra para *alguien* en lugar de *algo*. Es una relación de tríada: “el signo está en lugar de una ausencia”⁸⁷. Pero hay algo más: el signo es un *algo* que tiene *sentido* para *alguien*. Es así como el signo puede determinar al interpretante, pues del representamen habrá de generarse un sentido, un significado específico que el interpretante deberá asumir⁸⁸. El signo, pues, tiene la función de representar, y su valor, finalmente, está determinado por el entorno: el signo es una instancia construida socialmente.

Los signos constituyen materialmente al texto, pero no pueden ser considerados unidades independientes que le otorguen sentido. El texto determina al signo, en tanto proporciona entorno. Con todo, el texto no es autosuficiente: un texto funciona tanto en sus relaciones internas, como a través de la competencia comunicativa⁸⁹ del que lo interpreta. Aclararemos esto en el siguiente apartado.

Así, la unidad comunicativa no es el signo, es el *texto*: la puesta en escena del acto comunicativo, o en palabras de S. Schmidt, “el trazo de la intención concertada de un locutor de comunicar un mensaje y de producir un efecto”⁹⁰, efecto entendido en *alguien*.

La coherencia del texto

Los signos –su morfología- y sus relaciones superficiales –semánticas primero y luego sintácticas- constituyen lo que Van Dijk llama la *microestructura*. Sin embargo, la coherencia del texto no está dada en este nivel, y por eso no podemos considerar al signo como unidad comunicativa.

Hay tres cuestiones a considerar con respecto a la coherencia del texto:

- Primero, se encuentra en el nivel de las relaciones entre signos –semánticas, internas- interfrásticas, microestructurales, que *en conjunción total* definen el significado del texto. El significado del texto está definido como un todo único, al que Van Dijk llama la *macroestructura*. El texto tiene, pues, su propia coherencia interna, en el nivel de las conexiones entre proposiciones de las frases, y su coherencia global, en función del cual se le atribuye significado⁹¹.

- Segundo, las macroestructuras semánticas son la sustancia del tópico, tema o asunto del texto⁹², y tienen una influencia tanto interna, como externa:

- a) El tópico textual está conectado en primera instancia, con su *discurso*. Todo texto está sujeto a las pertinencias de un discurso –político, científico, de comunicación de la ciencia. El *texto* refiere siempre a su discurso.

- b) En segunda instancia, el tópico está relacionado con la interpretación del lector. La coherencia del texto está determinada por la praxis que el lector realiza en el texto, localizando el argumento, el tema. Pero hay que aclarar que el lector no es quien establece el tópico. El tema está, pues, entre la praxis del lector que el texto *induce* a través de las marcas de su discurso.

- Tercero, hay un elemento externo: la interpretación del texto no sólo está sujeta a la recuperación que el lector hace de la información que el texto induce. Tal interpretación está sujeta también a una *ideología*, es decir, a los elementos de lectura del sujeto que interpreta. El lector introduce así su propio *marco*. Éste está definido como el conjunto de operaciones que caracterizan el conocimiento convencional –estereotipado- de alguna situación⁹³. En esta convención se incluyen los conceptos

que “denotan cierto curso de acontecimientos o de acciones que afectan a varios objetos, personas, propiedades, relaciones o hechos”⁹⁴. Evocamos nociones cuando identificamos situaciones. Tal evocación posibilita la comprensión del marco. Umberto Eco afirma que un marco es un texto virtual, una historia condensada⁹⁵.

Pero puede suceder que el lector cambie de marco, y entonces la interpretación del texto será totalmente diferente. Las lecturas no deseadas, “aberrantes”, remiten pues, al lector.

2.3.4.1. Para guiar la interpretación del texto: el Lector Modelo y las estrategias discursivas

Cuando un lector interpreta un texto, siempre tendrá la tendencia a cubrir los huecos, los espacios vacíos⁹⁶. En vista de que hay muchas maneras de hacerlo, Umberto Eco propone que es necesario establecer durante la concepción del texto a un *lector modelo*. Así podrán presuponerse las deformaciones que el destinatario pudiera realizar durante el proceso de decodificación.

Sin embargo, no debemos dejar todo a la figura del lector modelo. Como habíamos mencionado, el autor puede salvar el foso entre el lector y el texto mediante las *estrategias discursivas*⁹⁷. El texto, así, dará instrucciones al destinatario para que se comporte de cierta manera, para guiar la correcta interpretación del texto. Puede decirse que las estrategias discursivas son lo que Norman llamaba permisibilidades⁹⁸. Sólo entonces puede haber una interacción sin tropiezos. Todo texto tiene, de esta manera, una imagen de público: el texto selecciona a su destinatario⁹⁹.

La isotopía en el texto: redundancia en las pistas¹⁰⁰

Podemos definir a la *isotopía* como un conjunto redundante de categorías *semánticas*. La isotopía sirve, pues, para dirigir y re-direccionar el significado a lo largo del texto: “coherencia y cohesión, se basan en la existencia de redundancia, de reiteración o de repetición de elementos similares o compatibles”¹⁰¹. Las isotopías destacan la estructura homogénea del texto a través de algunos elementos semánticos idénticos. La especificidad de tales elementos no deberán interferir con la totalidad del texto. Los elementos isotópicos sirven para adherir, no para dispersar los diferentes momentos del texto¹⁰².

Las isotopías pueden establecerse tanto en el plano de contenido –como un elemento conceptual que aparezca una y otra vez en el texto–, como en el plano de la forma –de la expresión¹⁰³, como un elemento visual que instruye sobre las posibilidades de interpretación. Es decir, hay isotopías discursivas e isotopías narrativas.

2.3.4.2. La contextualización del texto

En la teoría etnometodológica de Schutz se considera al actor de comunicación –es decir, a cada uno de los interlocutores– como un constructor de la realidad, con un conocimiento social y con ciertos procedimientos de interpretación. Estos procedimientos provienen de un esquema de interpretación común –social– que permite a los interlocutores encontrar la relevancia contextual¹⁰⁴.

Según Van Dijk se puede considerar al contexto como una “idealización abstracta”, convencional que ayuda a definir la situación comunicativa¹⁰⁵. Así, se reconoce lo apropiado y lo no apropiado en la producción e interpretación de una expresión respecto al contexto en el cual tal expresión se produce.

El contexto no sólo está dado por el destinatario. El autor lo imprime en el texto a través de las expresiones indexicales¹⁰⁶ que ayudan a ubicar al texto en un lugar, un tiempo y una situación específica. El texto posee, así, un significado virtual que ayuda a adivinar al contexto. Se puede afirmar que, incluso, la falsedad o verdad de un enunciado en el texto no se puede determinar sino a través de su contexto. Como indica Ducrot “el referente de un discurso no es (...) la realidad, sino *su* realidad, es decir, lo que elige o instituye como tal”¹⁰⁷. Por lo tanto, para que el efecto de “verdad” sea dicho y asumido, debe producirse un efecto de sentido, debe hacerse parecer verdadero. Es decir, el texto debe ser veraz, y sólo podrá ser verdadero dentro de sus propios términos.

La modalidad como generadora de contexto

En la teoría lingüística, la *modalidad* es la aparición de un juicio intelectual, afectivo o de voluntad que el sujeto adopta con respecto a la expresión, al enunciado¹⁰⁸. El enunciado, entonces, no encarna sólo un estado de cosas, sino también los pensamientos y sentimientos de aquél que lo genera, e incita, al mismo tiempo, sentimientos y pensamientos en el que lo percibe.

Vemos entonces que cada uno de los interlocutores tiene una competencia modal en el texto: las posibilidades del hacer y el ser del sujeto. La definición modal de un interlocutor da cuenta de las características de su hacer: sus posibilidades de acción, así como su estado en la narración. Se puede definir al sujeto según la posición que ocupa en la narración –el ser-, como por su capacidad de hacer. Es decir, la competencia modal define las relaciones de poder entre los interlocutores¹⁰⁹. Es legítimo preguntarnos ahora, ¿qué tipo de relaciones establecemos cuando ejercemos un cierto modelo de comunicación de la ciencia?, ¿qué competencias modales nos otorgamos como generadores de un acto comunicativo, y qué competencias modales otorgamos al otro? ¿Es el otro un receptor, un destinatario, un interlocutor? Según la perspectiva pedagógica, ¿estamos siendo dominantes o inclusivos?

2.3.4.3. La modalidad en las distintas escuelas de comunicación

Hemos mencionado que parte de la coherencia del texto radica en el marco que el lector le impone. También explicamos que el autor puede dirigir la interpretación de su texto. Podemos afirmar, entonces, que el texto es un *intercambio social de sentido*¹¹⁰. El texto es la forma materializada de la relación social. Para que se dé tal relación, los significados constituidos socialmente deben ser representados en alguna forma signífica intercambiable a través de un canal. Debemos advertir, además, que en este intercambio hay ciertas figuras con posiciones definidas: quien comunica y a quien se comunica.

Este intercambio implica que se establece un contrato de poder entre los actores que permite, por un lado, posibilidades de acción, pero que también por otro, establece constricciones a los sujetos. Así es como se asignan obligaciones y poderes. Como se afirmó antes, en todo proceso de intercambio social de sentido hay un componente *modal* de los sujetos, de sus alcances recíprocos y de los objetos que intercambian en el proceso¹¹¹.

Podemos distinguir ciertas diferencias al concebir a los actores, a los objetos de intercambio –mensajes- y por lo tanto, de concebir este proceso.

Antes de definir estas diferencias, enunciaremos una serie de precisiones para poder seguir: tomemos como *comunicación* el caso de intercambio en el que hay una relación recíproca, paralela y simétrica en la cual cada uno de los interlocutores escucha y es escuchado¹¹². Por contraposición, *información* involucra un intercambio unidireccional de mensajes donde los receptores están excluidos del proceso porque su respuesta no es requerida¹¹³.



Concepciones del intercambio¹¹⁴

Hay diferentes escuelas que han establecido roles, papeles de los actores en el proceso de comunicación –o de información¹¹⁵:

- *La escuela del empirismo*. De antecedentes conductistas, positivistas y deterministas, el empirismo formula al proceso de “comunicación” de la siguiente manera:



El emisor entrega un “paquete significativo” al receptor. La manera como opera este proceso está descrito así:



Las flechas implican que la comunicación es un proceso, e indican el flujo del mensaje.

Este planteamiento limita la actuación de los actores como un hacer, respectivamente emisor y receptor. Según Greimas, son “instancias vacías”, polos opuestos en un proceso lineal. Esta es una relación de poder totalmente asimétrica, pues el receptor es un ente pasivo, que reacciona como lo espera el emisor *directamente* al recibir el mensaje¹¹⁶. Pueden verse aquí las trazas del planteamiento conductista que tratamos antes¹¹⁷. Reaccionamos automáticamente a un mensaje, sin más elementos intermedios. El enfoque, por lo tanto, es únicamente funcional, pues argumenta que estructurando el mensaje bajo una serie de parámetros objetivos, se podrá determinar sin dudas que el mensaje funcionará como se espera. Es una visión mecanicista del proceso de “comunicación”. Es, en realidad, una mera transmisión de información. No deja de advertirse, además, una intencionalidad unívoca, del emisor al receptor.

En los modelos más refinados de esta tendencia se comienza a denominar a los actores en situaciones de igualdad comunicativa: destinador-destinatario o enunciador-enunciario, entendidos como “dos actantes de la narración, intratextuales”¹¹⁸. Se intenta integrar, pues, la posibilidad de un proceso recíproco, simétrico, igualitario, a través del “feedback” para corregir errores en las propuestas comunicativas y así lograr el efecto esperado. El problema con este modelo es que, aunque se haya introducido tal noción, el feedback es sólo un instrumento de corrección de un proceso que siempre va, a final de cuentas, en un solo sentido: del emisor al receptor. El feedback sólo sirve para ir “corrigiendo” el mensaje del emisor.

- *La escuela de modelos estructurales*. Durante el transcurso de los estudios de estas escuelas se percataron de que, en efecto, el modelo empirista no describía el proceso de comunicación.

En ésta escuela se pone en relieve las relaciones sintáctico-semánticas de los textos, y pone énfasis en la red de relaciones ente los polos opuestos del proceso de comunicación: “el modelo (...) es el de una malla o red en la cual no es decisiva la entidad del emisor o del receptor ni el contenido del mensaje, sino las formas de relación entre ellos”¹¹⁹. Estos modelos no conciben la comunicación como un proceso por etapas o pasos de recorrido del mensaje, sino como un conjunto de relaciones que permiten el *sentido*. Las flechas en estos modelos indican relaciones entre elementos en la creación de significado.

El mensaje –el diseño– será determinado a partir de este tejido de relaciones y reglas entre los elementos del proceso de intercambio.

- *La escuela de investigación transdisciplinar.* Asume que el objeto *comunica* porque resume una constante construcción de subjetividades históricas, de modos de usanza, de conductas y de estrategias. Así, la comunicación es construida, es un *constructo* flexible, que se adapta a los contornos históricos de una sociedad determinada¹²⁰. El materializar en algún texto lo que se quiere decir es una forma de *acción regulada*. Así, la comunicación no es mero envío de un mensaje del emisor al receptor, sino un *proyecto* encaminado a producir sentido, en el cual cada participante posee sus propias instancias discursivas. Tenemos así el siguiente modelo:



De esta manera la comunicación es un campo o zona de construcción de lo que será el sentido a través del reconocimiento de las subjetividades –es decir, a través de un proceso que reconoce la intersubjetividad-, de las características de los interlocutores que tienen antecedentes en sus culturas, sus historia, y de las condiciones materiales y tecnológicas en las que los discursos se producen y se interpretan¹²¹. El diseño sólo produce el sentido que tiene en el contexto en el que es, a su vez, producido. No será el mismo diseño en otro lugar, en otra instancia, en otro contexto, pues cada contexto implica un constructo distinto¹²².

2.3.4.4. Yo, comunicador (de la ciencia), tú ¿interlocutor?

Hay que enfatizar que toda comunicación tiene, finalmente, una *intencionalidad*. La intencionalidad implica que se debe seguir una estrategia para lograr un fin específico: supone “un objetivo, una distribución, una administración de recursos, una hipótesis de conflicto, una resolución eficaz a través de esta estrategia y, sobre todo, supone una configuración de poder”¹²³. Es decir, no es posible hacer estrategias para comunicar para todos, de un golpe, en un solo movimiento y, principalmente, *no hay tal cosa como una comunicación inocente*, desprovista de intención¹²⁴.

Aun cuando se desee construir una relación más igualitaria y simétrica entre los actantes de la comunicación, siempre habrá alguien con una situación de poder que intenta conseguir algo de quien lo escucha. No se trata de si tal situación de poder tendrá o no una resolución benévola o dañina para alguno de los interlocutores, sino de aceptar que no hay comunicación desinteresada o neutra.

Hay otra cosa más que hay que reafirmar: tenemos que ser conscientes, como comunicadores, de que ejercemos un modelo que surgió de alguna escuela, y que tal modelo nos inducirá a plantear estrategias comunicacionales determinadas. Estas estrategias imponen el *contexto de poder, la modalidad* que se ejercerá en el acto de comunicar, y que nos ubicará como sujetos con intencionalidad comunicativa o informativa. El primer planteamiento –el comunicativo- es interactivo, es integrativo. El segundo es informativo, dominante, y privilegia el modelo de comunicación de la ciencia por déficit –o sus matices.

Veamos cómo puede fomentarse el primero en la planeación de un texto visual para comunicar ciencia.

Notas:

1 Sánchez Mora, Ana María. 1998:129.

2 Tappan y Alboukrek. 1992: 276.

3 de Régules Ruiz-Funes, Sergio. Op. Cit.

4 *Indirección*: Mostrar las cosas en vez de decirlas. Por ejemplo, en vez de escribir «Sergio caminaba por la helada montaña», se escribe: «Los pies perdieron su calor desde hace tiempo, y Sergio supo mientras avanzaba por la montaña, que pronto los perdería...». La noción de frío, de congelamiento, no se explicita: se deja implícita en la descripción de la escena, para que el lector pueda encontrarla e interpretarla.

5 Sanchez Mora, Ana María. 1998: 130.

6 Sanchez Mora, Ana María. 1998: 152.

7 Sanchez Mora, Ana María. 1998: 151.

8 Es cierto, no hay comunicación sin intención: siempre se espera cierta respuesta de parte del interlocutor. La intención de comunicar la ciencia no es sólo sorprender –y para sorprender hace falta, primero, entender-, sino a la larga, cambiar la actitud de la gente con respecto al conocimiento científico y a la ciencia como fenómeno social.

9 Y debo hacer notar que con aprendizaje no me refiero únicamente a la manera de estructurar un pensamiento considerado «maduro», sino a la forma de hacer un mundo coherente. Más adelante, al explicarse la epistemología genética, se entenderá la diferencia.

10 García Ferreiro, Valeria. *Las ciencias sociales en la divulgación*. Colección Divulgación para Divulgadores. DGDC/UNAM. México, año. Pág. 102, 103. Las cursivas son mías.

11 García Ferreiro. Op. cit. Pág 84.

12 Cita de Bruce Tognazzini en Gándara Vázquez, Manuel, *Aspectos sociales de la interfaz con el usuario, una aplicación en museos*. Tesis de doctorado. UAM Azcapotzalco. México, 2001. Segunda parte, capítulo 4., sección 3.2.

13 Reglas que posteriormente llamaremos *pistas*.

14 *Interfaz* entendida como la disposición externa –física- e interna –estructura lógica- del objeto, artefacto o diseño, con que el usuario/destinatario se enfrenta.

15 Gándara. 2001 capítulo 4, sección 3.1.

16 Regla del mismo Tognazzini «Tog». Gándara. *Ibid*.

17 Ahora nos percatamos por qué el mal diseño en la comunicación de la ciencia es un elemento de potencial humillación para el destinatario. Siempre se culpará a sí mismo de no entender, de no interpretar adecuadamente. Revísese la humillación de no poder entender el cómic «Habitantes del mundo cuántico», en la sección sobre el panorama general de ciencia.

18 El nombre original es «information appliance». Estos enseres son objetos diseñados que no deberían requerir de un experto para su uso. Deben poder ser controlados por el usuario aunque no sea experto: se trata de «hacer sistemas para los humanos, y no humanos para sistemas...» Traducción de Gándara, Manuel. *Ibid*.

19 Por ejemplo, puede suceder que alguien que usa una computadora comience a adoptar actitudes o a realizar acciones que cree harán que su computadora funcione si se da el caso de que, por casualidad, la computadora de hecho funcionó mejor ante tal acción –aunque al usuario no le conste que esa es la solución. Cuántas veces no nos hemos visto, como usuarios de una computadora, moviendo espasmódicamente en círculos el mouse cuando se ‘pasma’ el artefacto. Parece, dado que ha veces ha ocurrido que funciona, que este es un remedio para el ‘pasmamiento’. No sabemos si de hecho corrige el problema, pero ya lo realizamos, incluso, automáticamente. Ese es un ejemplo de *ritual*.

20 Nota 1 de glosario en Norman, 1994, citada en Gándara, *ibid*.

21 Más adelante veremos cómo es que la comunicación de la ciencia se puede servir de estas restricciones. Sólo lo puede hacer, sin embargo, si las establece desde la planeación del diseño.

22 Un planteamiento de corte analítico, en el cual las experiencias perceptivas se explican mediante la asociación mecánica de las impresiones y recuerdos: asociación de sensaciones puras sin ninguna ulterior actividad interpretativa. Para los asociacionistas la percepción es, pues, resultado inmediato de la suma de elementos sensibles puros, de experiencias sensoriales puras.

23 Viglietti, Mario. *La psicología de la forma y la Gestalttheorie*. Colección Prontuarios gráficos 3. Ediciones Don Bosco, Barcelona. 1975.

24 Gándara, Manuel. Op. cit. Capítulo 4, sección 3.4.

25 A lo que algunos llaman «buena forma». Sin embargo, no me parece apropiado delinir así al fenómeno que organiza la percepción, pues en esta definición no se explicitan elementos como para saber qué es lo «bueno». ‘Pregnancia’ tiene más que ver con simplicidad y estabilidad que con algo «bueno» intangible.

26 Viglietti, Mario. Op. cit.

27 Viglietti, Mario. *idem*. Las cursivas son mías.

28 García Ferreiro, Valeria. Op. cit. Págs. 64, 65.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

29 Viglietti, Mario. Op. cit.

30 García Ferreiro, Valeria. Op. cit. Pág. 66.

31 Toda esta sección está referenciada en García Ferreiro, Valeria. *Las ciencias sociales en la divulgación*. Colección Divulgación para Divulgadores. DGDC/UNAM. México, 2001.

32 Esto es de suma importancia: de la misma manera que no se trata de «convencer» o «hacer ver» al niño de que cada bolita de plastilina tiene la misma cantidad de materia aunque cambie de forma, repitiendo una y otra vez la experiencia, se tendrá que considerar que hay temas científicos que un niño no podrá entender con la lógica de un adulto porque no posee los instrumentos cognitivos necesarios *aunque le repitamos una y otra vez nuestro argumento*.

33 García Ferreiro, Valeria. Op. cit. Pág. 67.

34 García Ferreiro, Valeria. Op. cit. Pág. 71.

35 García Ferreiro, Valeria. Op. cit. Pág. 67.

36 Muchas veces se ha confundido esto, y entonces se piensa que lo que hay que hacer para «convencer» a alguien de nuestros argumentos es, precisamente, forzar la incoherencia en el sistema de pensamiento de alguien para luego crear la coherencia con nuestras propuestas. Sin embargo, debe quedar claro que esto sólo puede hacerse si existe antes el instrumento cognitivo necesario para que el destinatario entienda nuestra propuesta tal como queremos que sea entendida. Si no, no tiene sentido, justo como no tiene sentido tratar de convencer al niño de nuestro ejemplo.

37 Piaget, Jean, citado en García Ferreiro, Valeria. Op. cit. Pág. 68. Las cursivas son mías.

38 Como por ejemplo, la reacción del niño ante la presentación de las bolitas de «plasti».

39 Aunque menciono a niños mayores, lo cierto es que hay adultos que no llegan a realizar operaciones formales.

40 Piaget, Jean y Rolando García, citados en García Ferreiro, Valeria. Op. cit. pág. 77.

41 Por ejemplo, sólo cuando el niño de las bolitas de plastilina pueda, con sus instrumentos cognitivos, asimilar la coordinación entre masa y volumen aparente, podrá interiorizar el sentido de la experiencia vivida y extenderla a situaciones hipotéticas.

42 Acción que no sólo puede ser física, sino también cognitiva. Volveremos a esto más adelante.

43 García Ferreiro, op. cit. pág. 69. Esto es de suma importancia, pues más adelante veremos cómo es que este interjuego de acciones es el origen de todo conocimiento. Las cursivas son mías.

44 García Ferreiro. Op. cit. Pág. 78.

45 Recordemos de nuevo el ejemplo del niño. La acción del medio sobre el sujeto—sea divulgador, escuela o estímulo— no garantizan el aprendizaje.

46 Piaget en García Ferreiro. Op. cit. Pág. 95

47 García Ferreiro. Op. cit. pág. 98.

48 García Ferreiro. Op. cit. pág. 95.

49 En el ejemplo del niño, sólo adoptará el esquema lógico del adulto cuando posea los instrumentos cognitivos necesarios para coordinar las nociones de masa y volumen.

50 García Ferreiro. Op. cit. pág. 100.

51 Piaget en García Ferreiro. Op. cit. pág. 99.

52 Así podemos afirmar que, por ejemplo, un supuesto multimedia «interactivo» puede no serlo tanto, y un medio que pareciera ser no tan interactivo —porque no requiere de manipulación motriz—, como el cine, puede ser sumamente interactivo. Explicitaremos esto más adelante.

53 Piaget, Jean en García Ferreiro. Op. cit. Pág. 100.

54 Rodríguez R., Enrique. «Comunicación pedagógica». *Revista Tecnología y comunicación educativas*. Octubre, no.14. México, 1989, Pág. 9.

55 García Hoz en Rodríguez R., Enrique. *Íbid*

56 Anderson, Harold H. "The measurement of domination and of socially integrative behavior on teachers' contacts with children". En: Amidon, Edmund (ed). *Interaction Analysis: Theory, research and application*. Addison Wesley Publishing Co. Canadá, 1967. Págs. 4-7, 70-85. El autor del artículo que aparece en este libro se escribió originalmente para la revista *Child Development*, vol. 10, 1939, págs. 73-89.

57 Cuando veamos algunas escuelas en comunicación veremos que, en efecto, aquí al personaje que comienza la transmisión de información se le llama emisor -figura que no es equivalente a destinatario o enunciador. En este comportamiento, el público es un receptor, no el destinatario ni el enunciatario del proceso de comunicación. Mucho menos se le considera interlocutor.

58 Nótese cuánta relación tiene este enunciado con algunas maneras de comunicar ciencia: critican —aunque sea de manera indirecta— a su destinatario y pretenden "mejorarlo", hacerlo "más racional".



- 59 Flanders, Ned A. "Teacher influence in the classroom". En: Amidon, Edmund (ed). *Interaction Analysis: Theory, research and application*. Addison Wesley Publishing Co. Canadá, 1967. Págs. 103-107. Nótese que la ciencia tiene un estatus de autoridad que el comunicador de la ciencia con frecuencia refleja en su labor. En vista de la situación, no parece conveniente para la comunicación de la ciencia ensalzar tal posición autoritaria, pues no es una buena manera de propiciar el acercamiento con las personas, ni es una imagen realista de ciencia. Más adelante, cuando habremos sobre las disciplinas que estudian a la ciencia, veremos por qué.
- 60 A veces intentamos forzar al público de la comunicación de la ciencia a responder en relación estrecha con algún tema científico: "¿qué es un átomo?" o, "¿cuántos organelos tiene una célula?", y así, sólo hay dos maneras de responder: correctamente, que es la respuesta apegada a la información científica, o incorrectamente -que cometa un error. Así no hay otra manera de poder proceder.
- 61 Tengamos esto en mente para relacionarlo después con el apartado sobre una metodología para realizar textos visuales interactivos para comunicar ciencia.
- 62 Para ver cómo este punto específico tiene relación con la manera como se asume un comunicador de la ciencia, véase "Los derechos del divulgador", de Martín Bonfil Olivera, en *Antología de la divulgación de la ciencia en México*. Colección Divulgación para divulgadores. DGDC/UNAM. México, 2000. Pp. 38-44. El comunicador de ciencia tiene derecho a equivocarse, a no saberlo todo, a ser fallible. Pero tiene que responsabilizarse y asumir esa fallibilidad.
- 63 Flanders, Ned A. *ibid.*
- 64 Anderson, Harold. 1939: 5.
- 65 Rogers, Carl R. "La relación interpersonal en la facilitación del aprendizaje", en Molina, Alicia (ant.), *Diálogo e interacción en el proceso pedagógico*. Colecc. Biblioteca Pedagógica, SEP. Ed. El Caballito. México, 1985. Pág. 61-70.
- 66 Hay un nivel necesario de ansiedad para que se dé el proceso de aprendizaje, porque consiste precisamente en la revisión constante del propio esquema referencial, es permitir "la aparición de la espiral", con la apertura de posibilidades y la pérdida de los estereotipos, seguridades y fijaciones: "Ansiedades y confusiones son (...) incluibles en el proceso del pensar". El cambio implica tensión. Pero cuando la tensión se sobrepasa, entonces resulta contraproducente. Peor si la tensión no proviene de la resistencia natural al cambio, sino a partir del comportamiento de un profesor que propicia una atmósfera hostil. Bleger, Jose. "Temas de psicología (entrevista y grupos)". en Molina, Alicia (ant.), *Diálogo e interacción en el proceso pedagógico*. Colecc. Biblioteca Pedagógica, SEP. Ed. El Caballito. México, 1985. Pág. 71-90.
- 67 Advertimos la equivalencia que hay entre estos modelos y aquéllos enunciados en los cuatro modelos de comunicación de ciencia de Bruce Lewenstein. Casi todos hemos estado en contacto con alguna forma de comunicación de la ciencia. Podemos advertir que hay comunicadores que parecen abrazar inconscientemente el modelo de déficit o el contextual -modelos de comunicación de la ciencia-, o su equivalente en pedagogía, el modelo dominante. No hace falta golpear a alguien para ejercer estos modelos: basta con hacerle ver que su pensamiento es menos racional -y por lo tanto, menos importante- que el científico, y que debería cambiar para ser mejor, tomar mejores decisiones y, en fin, vivir mejor. Hay cierta comunicación de la ciencia que genera precisamente esta sensación de ansiedad cuando las personas se enfrentan a un tema científico: lo que todos quieren es salir corriendo de ahí.
- 68 Lippit, Ronald en Anderson, Harold H., 1939: 80. Para los comunicadores de ciencia quizá debiera ser más valioso que la gente se sienta más cómoda con la ciencia, que hacer que lea, memorice y escuche un montón de datos para que "aprenda" ciencia. Recordemos, con la comunicación de la ciencia se puede instruir -dicho en el sentido formal, escolar en que algunos creen erróneamente que es "aprender"-, pero no es lo único, ni lo más importante.
- 69 *Interacción* como se ha explicado antes en el apartado sobre epistemología genética.
- 70 Esto es especialmente importante para la comunicación de la ciencia si lo que se desea es poder establecer claramente la diferencia entre un pensamiento de tipo no científico y uno de corte científico.
- 71 García Venero, Marisol. "Metodología para el logro de un aprendizaje significativo. Segunda parte: variables internas y externas". *Revista Tecnología y comunicación educativas*. Octubre no.14, México, 1989. Pág. 17.
- 72 Rodríguez R., Enrique. *ibid.*
- 73 García Venero, Marisol. *ibid.*
- 74 Bleger, Jose. 1985: 71-90. Las cursivas son mías.
- 75 Fierro Luna, Fernando. "Características psicopedagógicas del adolescente y su referente social". *Revista Tecnología y comunicación educativas*. Marzo no.17. México, 1991, Pág. 51.
- 76 Fierro Luna, Fernando. *ibid.* He aquí la importancia de no exponer a nuestro destinatario a un conjunto de potenciales fracasos al enfrentarse a la ciencia: eso lo alejará más de nuestras intenciones como comunicadoras de ciencia.
- 77 La comunicación de la ciencia puede beneficiarse de ciertos entornos, atmósferas y disposiciones personales para despertar el interés por la ciencia. No debe olvidar las recomendaciones que se hacen con respecto al éxito, sobre todo en un tema tan espinoso como la ciencia. La gente comúnmente cree que no tendrá muchas oportunidades de éxito en este rubro. Ante la posible exposición al error, al fracaso, a la falla, prefiere no enfrentarla en absoluto.
- 78 García Venero, Marisol. Op. cit. La comunicación de la ciencia debe atender a las expectativas de quienes se dirigen. En cualquier caso, cada una de las motivaciones pueden ser abordadas por distintos planteamientos de comunicación de la ciencia: el planteamiento que se enfoca en lo estético puede tomar en cuenta la pulsión cognoscitiva; el planteamiento que se preocupa por la economía del conocimiento puede enfocarse en la pulsión del mejoramiento del yo. Finalmente, también hay planteamientos de comunicación de la ciencia que se pueden dirigir a la pulsión afiliativa: ya sea al enfatizar las ventajas de adherirse a la comunidad científica estudiando una carrera en ciencia, o enfocándose en las ventajas que el conocimiento científico puede crear en la personalidad y la empatía del individuo. Estos constituyen sólo algunos ejemplos. Estoy segura de que cada una de estas motivaciones puede ser abordada de muy diversas maneras en la comunicación de la ciencia.
- 79 García Venero, Marisol. *ibid.* Raras veces se esbozan proyectos de comunicación de ciencia con participación social. Como ejemplos, podemos decir que los equipamientos de museos son en su mayoría, de uso individual -aun cuando el museo se visita, casi siempre, en grupo-, y los textos lingüísticos se pueden leer, casi siempre, de manera individual. No considerar que el destinatario puede ser un grupo es un error que nos hace perder los beneficios de la experiencia socializante.

80 García Venero, Marisol. Íbid. Sin embargo, para la comunicación de la ciencia, que no pretende enseñar formalmente, conviene más entender la práctica como el ejercicio de una acción mental –conceptual- que no pretende recibir una respuesta concreta. Es decir, a la comunicación de la ciencia le conviene fomentar la interacción.

81 La comunicación de la ciencia debiera tomar en cuenta algunas características de los materiales instruccionales, pues algunos de ellos se realizan bajo ciertas premisas que se dirigen a propiciar la asimilación e integración de cierta información.

82 Los apoyos mediáticos ayudan a construir modelos mentales. Véase la especial capacidad de los textos visuales para generar modelos mentales –sean correctos o incorrectos en 2.4.3. *El texto visual como materialización de modelos mentales y generador de modelos mentales.*

83 Bleger, Jose. Op. cit.

84 Bleger, Jose. Íbid. Puede decirse que la adopción del conocimiento científico y la manera en como éste se genera constituye una ideología, y como tal, también se aplica. Así, el conocimiento científico puede modificar las conductas que uno adopta para abordar el mundo.

85 Noam Chomsky indicó que todos tenemos innatamente una gramática universal. Se puede decir que, de hecho, si viniera un extraterrestre y analizara todas las lenguas que existen en nuestro planeta -es decir, todas las construcciones que se generan a partir de la capacidad de lenguaje-, no podría distinguir entre ellas, y entonces pensaría que todos hablamos la misma lengua, porque la manera en como las construimos ya está determinada: tenemos de manera innata, el programa para crear el constructo del lenguaje. (Pinker, Steven. *The language instinct*. Harper Collins/Perennial Classics Publ., Estados Unidos, 1994. 502 págs.)

86 Sexe, Néstor 2001: 34

87 Sexe, Néstor. 2001:43.

88 Sexe, Néstor. Íbid.

89 Competencia comunicativa: conocimientos y aptitudes necesarios para que un individuo pueda utilizar, movilizar, todos los sistemas semióticos que están a su disposición como miembro de una sociedad y una cultura específica. Lozano, Jorge (et. al.) *Análisis del discurso: hacia una semiótica de la interacción textual*. 3ª edición. Editorial Cátedra. España, 1989. Pág. 73.

90 Schmidt, S. J. en Vilches, Lorenzo.1984:31.

91 Van Dijk, en Lozano, Jorge (et. al.) 1989:24.

92 Van Dijk, en Lozano, Jorge (et. al.). 1989: 26, 27.

93 Van Dijk en Lozano, Jorge (et. al.). 1989:27.

94 Van Dijk en Lozano Jorge (et. al.). Íbid.

95 Eco, Umberto, en Lozano, Jorge (et. al.). 1989:28.

96 Tendencia que ya habíamos visto cuando tratamos la teoría de Norman y la teoría de la *Gestalt*. Recordemos que esta última no sólo se refería únicamente a la forma visual, sino a la organización cognitiva en general.

97 Las estrategias discursivas del discurso de comunicación de la ciencia están en: 2.2.1. *La comunicación de la ciencia es un discurso primario con pertinencias propias*. Véase también el apéndice 3.

98 Véase 2.3.2.2. *La teoría cognitiva de Norman*.

99 Lotman en Lozano, Jorge (et. al.). 1989: 29.

100 Más adelante veremos cómo esta noción de *isotopía* puede trasladarse al planteamiento interactivo a través de la generación de pistas para encontrar el significado, la interpretación de un texto.

101 Lozano, Jorge (et. al.). 1989: 30.

102 Lozano, Jorge (et. al.). íbid.

103 Vilches, Lorenzo. 1984: 39, 40.

104 Cicourel, en Lozano, Jorge (et. al.). 1989: 46. En los procedimientos interpretativos se incluyen:

- *Las formas normales*. Los interlocutores reconocen los repertorios similares a los propios: reconocen la «normalidad» en su cultura, siéndoles posible minimizar la discrepancia y la ambigüedad.
- *La reciprocidad de sus perspectivas*. Los interlocutores asumen que los otros otorgan significado e interpretan las cosas del mismo modo que ellos lo hacen.
- *El principio de los etcétera*. Los interlocutores asumen que los conocimientos de sentido común pueden ayudar al otro a rellenar el significado en las lagunas o inadecuaciones en la comunicación.
- *Los vocabularios descriptivos como expresiones indexicales*. Proporcionan instrucciones para recuperar el contexto y la relevancia de una expresión.

105 Van Dijk en Lozano, Jorge (et. al.). 1989: 47.

106 Que los lingüistas llaman *indicadores de la deixis*: pronombres personales, demostrativos, adverbios, etc.

107 Ducrot en Lozano, Jorge (et. al.). 1989: 62.



- 108 Conviene a los comunicadores de la ciencia ser conscientes de que siempre hay una modalidad con respecto a la ciencia en su labor, consciente o inconsciente, y que imprime una competencia modal para él mismo y para su interlocutor.
- 109 Lozano, Jorge (et. al.). 1989: 64, 65; 74-76. El sentido de estas relaciones será explicada un poco más adelante. Aclaremos por el momento que siempre hay una relación de poder en todo acto comunicativo.
- 110 Halliday en Lozano, Jorge (et. al.). 1989: 40.
- 111 Lozano, Jorge. 1989: 43.
- 112 Se considera que la total igualdad en la relación entre estos interlocutores es utópica, pues siempre hay una relación implícita o explícita de poder. Sin embargo, consideremos que sí se puede, al menos, tender a realizar intercambios en los que ambos interlocutores salgan beneficiados del contrato comunicativo. Sexe, Néstor. 2001: 60.
- 113 No es requerida en el sentido de que el mensaje no cambiará en su postura, su proposición o contenido interno, a pesar de la capacidad de otorgar significado del que recibe el mensaje. Es decir, no importa cómo sea interpretado, porque tampoco modificará la postura, afirmación o proposición del emisor.
- 114 Encuéntrese la relación entre estos planteamientos y aquellos expuestos antes en los modelos de Bruce Lewenstein y los modelos pedagógicos de dominación e inclusión.
- 115 Pronto veremos que estas escuelas tienen como antecedente ciertas posturas filosóficas que abordan también el problema de la definición de ciencia.
- 116 Sexe, Néstor. 2001:63, 64.
- 117 Véase 2.3.2.4.
- 118 Esquema actancial de Greimas, en Lozano, Jorge (et. al.) 1989: 42.
- 119 Sexe, Néstor. 2001: 65.
- 120 Sexe, Néstor. 2001:66, 67.
- 121 Sexe, Néstor. 2001:78, 79.
- 122 Véase apéndice 4: Modelo del intercambio de discursos.
- 123 Sexe, Néstor. 2001: 70.
- 124 Sexe, Néstor. Íbid.
-

Como se vio en capítulos anteriores, hay un prejuicio en cómo se ha concebido la visualización en el discurso de la comunicación de la ciencia. En primera, son pocos los profesionales de lo visual que se forjan en la especialización en comunicación de la ciencia. En segunda, no sólo tales profesionales cometen falta: también sus empleadores han sido prejuiciosos. Si bien éstos no tienen por qué saber todo sobre visualización -pues para eso precisamente contratan a un visualizador-, su falta de conocimiento general sobre la capacidad significativa del texto visual impide que, más allá de hacer críticas que no llevarán a ningún lado o en el peor caso, imponer cómo debieran decir algo los textos visuales, se puedan concebir nuevas formas de plantear los visuales en comunicación de la ciencia.

La función del texto visual en nuestro tiempo y espacio

2.4. La interacción como recurso en común:

una metodología de trabajo para generar y analizar textos visuales¹

Los estudios que la OCDE hace para evaluar el desempeño de los estudiantes en comprensión de lectura -sobre todo aquel hecho por el Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA, por sus siglas en inglés)²- indican que nuestra población no posee todavía las armas para extraer todo lo relevante de los textos escritos. También indican que pasa mucho tiempo expuesto a medios masivos, específicamente, la televisión.

Se pudiera concluir apresuradamente a partir de tales estudios que nuestra gente está más familiarizada con los textos visuales y que por ello, está más dispuesta a interpretarlos que los textos escritos, pues han pasado gran parte de su tiempo frente a medios que apelan a lo visual. Así, *pareciera* que nuestra población está “entrenada” para extraer el significado de lo que ve mucho antes de poder hacerlo con un escrito³. Se piensa, aunque no se tenga una referencia confiable, que estructuras como el argumento, la narración y el hilo conceptual de un cuento -por ejemplo- son mejor captados si se observan en una telenovela, que si se leen en un libro.

Vemos entonces que hay dos preconcepciones⁴ principales sobre la capacidad de los textos visuales para fomentar el aprendizaje en la enseñanza formal y la comunicación de la ciencia:

- Se cree, primero, que los textos visuales atraen la atención del interlocutor y lo predispone positivamente hacia lo que se tenga que decir. Se juzga comúnmente que los discursos son más “bonitos” con los textos visuales.
- También se presupone que, debido a que “siempre vemos”, podemos entender mejor de qué se tratan los asuntos si se representan visualmente.

Pero mejor sometamos a análisis las afirmaciones anteriores.

Giovanni Sartori, en su libro *Homo Videns*⁵, explica que el hecho de que pasemos horas frente a un televisor no implica que por eso extraigamos información relevante, duradera, coherente. Ser sometido por períodos largos a mensajes transmitidos en un medio de comunicación –sea cual fuere- no significa de manera automática que seamos comunicados ni que seamos comunicantes. Parece que, incluso, a veces sucede lo contrario: nos embotamos, nos atrofiamos, nos enmudecemos. Como dijera Pink Floyd, nos quedamos *cómodamente atontados*⁶.

Puede afirmarse así que el ejercicio –la práctica física- de ver no necesariamente nos enseña a interpretar y a generar coherencia a partir de un discurso expresado en un texto visual. En efecto, los instrumentos cognitivos, aquéllos con los que relacionamos, coordinamos y finalmente, asimilamos, deben existir previamente. *La alfabetidad visual, la capacidad de interpretar y generar textos visuales, implica un proceso cognitivo*. Por ende, las investigaciones que intenten estudiar la alfabetidad visual no deberán orientarse a cuánto tiempo se ha expuesto a alguien ante los textos visuales, sino a mostrar si ese alguien posee o no los instrumentos necesarios para asimilarlos⁷ y, partiendo de lo anterior, a cómo potenciar la capacidad significante de los textos visuales⁸.

Un buen conjunto de investigaciones han medido de forma cuantitativa y cualitativa la alfabetidad visual. Más adelante retomaremos los resultados de aquéllos que se han enfocado en la enseñanza de las ciencias⁹.

2.4.1. El texto innecesario.

Cuándo no tiene caso el uso de un texto visual

A pesar de que existe el prejuicio de que los visuales son textos más comprensibles y agradables que los de origen lingüístico –sobre todo el escrito-, se ha demostrado en algunos estudios que la función que cumplen dentro del cuerpo final del discurso es accesoria y secundaria¹⁰. Vemos imágenes que fungen como adornos saturados con información irrelevante y, en el peor de los casos, como recursos que, a través de la forma, intentan ocultar la pobreza del contenido discursivo.

En el caso de la comunicación de la ciencia, la situación no es muy distinta, sobre todo cuando los textos visuales se aplican en medios como las revistas, el libro o el museo:

- Se cree que el texto visual para comunicar ciencia es una versión ligera de aquél hecho para la enseñanza formal¹¹.

- También se piensa que, en mayor o menor grado, el texto visual debe estar siempre sujeto a un texto escrito –aun cuando hay evidencias de que el grueso de la población no logra asimilar por medio de la lectura- y que, por lo tanto, es un texto que sólo funciona como dependiente y secundario¹².

Hay tres maneras de usar los textos visuales: a) como apoyo o accesorio al texto escrito, el cual constituye el vehículo principal de la información; b) que la imagen sea tal vehículo y, c) que se de una coordinación complementaria entre ambos¹³.

Aun cuando existen estas posibilidades, la combinación más recurrente consiste en usar las imágenes en relación directa con el contenido del texto escrito, el cual remite al lector constantemente a éstas. Las imágenes dependen del texto escrito para que sean comprendidas –aun cuando este está en una zona externa de la imagen. El texto escrito es el que carga con el contenido total de la información, y el texto visual sólo redundo o refuerza lo dicho en el texto escrito¹⁴.

Pero no todo está perdido: en tiempos recientes algunos medios audiovisuales han mejorado la planeación de sus textos visuales y, con ello, les han otorgado poder significativo e independencia. Un ejemplo son algunos nuevos documentales en televisión, que han abandonado los guiones meramente ilustrativos, explicativos y de recuento, para dar paso a la narrativa argumentada. Son pequeñas películas –con toda una estructura dramática- que cuentan historias, que aprovechan los recursos literarios de lo implícito, de la indirección, de los juegos espacio-temporales, por mencionar algunos¹⁵. Advertimos el uso de encuadres y escenas que hablan por sí solas y que están hechas por una razón comunicativa, no ornamental, y sin las cuales no habría *significado concreto*. El significado final se logra con un equilibrio entre lo dicho y lo visto. Los textos visuales no actúan más como redundantes al texto oral o escrito, sino como relevo. En algunos casos, lo visual funciona como texto principal, y el texto de orden lingüístico se convierte en secundario. En otros casos, ambos textos funcionan en perfecta simbiosis¹⁶.

Tengamos el siguiente criterio presente al introducir imágenes en proyectos de comunicación de la ciencia: cuando el texto visual es susceptible de ser eliminado, no tiene caso que exista. Parece una recomendación evidente, pero es frecuente el uso de imágenes que no aportan ningún sentido al discurso final. Esto es un verdadero problema, sobre todo si lo que se quiere es comunicar una ciencia que, de por sí, se cree está lejos del alcance del lector: no hace falta dificultar la lectura de algo que el público general considera ya difícil de leer. Si el texto visual se vuelve superfluo, estorboso o contraproducente, se convierte en texto innecesario.

2.4.2. La alfabetidad visual y el aprendizaje de las ciencias

En un estudio que realiza Lourdes Pérez de Eulate (et. al.), se considera que los textos visuales que cumplen funciones cognitivas son aquellas que ayudan al lector a *entender el texto escrito*, porque “pretenden facilitar el aprendizaje de datos y conceptos mejorando la retención y la comprensión de los mismos”¹⁷.

Sírvanos el estudio anterior como ejemplo para afirmar que incluso los investigadores de textos visuales para comunicar información consideran al texto visual como secundario. En todos los estudios que se analizaron¹⁸, y que abordan el problema de la capacidad de los textos visuales para disparar los procesos cognitivos pertinentes al aprendizaje, se considera al texto visual como *apoyo*, aun cuando reconocen su potencialidad significativa. Sólo un autor –Mayer- confronta los resultados del uso de textos visuales únicamente, de textos escritos únicamente, y el uso simultáneo de ambos.

Por lo tanto quede claro que estos estudios no nos servirán para fundamentar una metodología que considere al texto visual como independiente. Sirven para vislumbrar cómo funcionan los textos visuales en el proceso de aprendizaje y para delimitar cómo se pueden construir estrategias de creación de modelos mentales en el lector.

2.4.3. El texto visual como materialización de modelos mentales y generador de modelos mentales

El desarrollo de la ciencia cognitiva ha puesto de manifiesto que nuestro pensamiento ordinario tiene origen en la manipulación y coordinación de *modelos mentales*¹⁹. Un modelo mental es la representación –mental- de la explicación de algún aspecto del mundo. Un modelo mental es una representación elaborada por un sujeto cuando entra en contacto con su ambiente. La construye con sus conocimientos previos, sus instrumentos cognitivos operantes y sus expectativas. Un modelo mental es, pues, una representación que se construye a partir de

un proceso cognitivo encaminado a la “búsqueda de razones”. Esta representación tiene la función de generar coherencia con respecto a algún aspecto de la experiencia –de lo vivido.

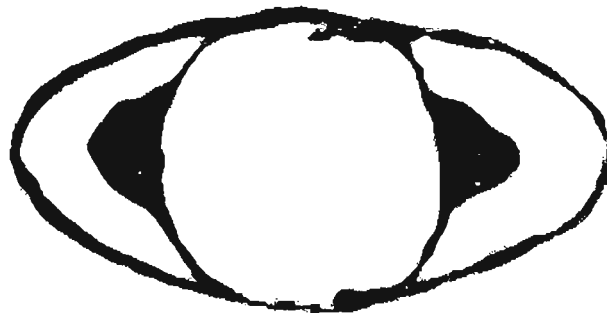
La idea del modelo mental es entendida en relación tan estrecha con la manera en que entendemos lo que vemos, que muchos le han llamado como la *visualización* –mental- de las explicaciones: los modelos científicos, por ejemplo, son maneras de visualizar una explicación de cierto fenómeno natural. Podemos afirmar que los modelos mentales son, por tanto, abstracciones de origen cognitivo que constituyen representaciones explicativas de la experiencia vivida.

Con un ejemplo quedará claro cómo es que el modelo mental no sólo construye, sino es construido en una sinergia cognitiva.

Modelos mentales. Las orejas de Saturno²¹

Primeros años de los 1600. Galileo apunta hacia un cuerpo celeste con algo que acaba de inventar –un telescopio- y observa algo así:

Es la primera vez que alguien ve a Saturno con un aparatejo que permite observarlo como si estuviera cerca. No, no es que se viera tan, tan cerca, ni tan, tan perfecto como



Dibujo de Galileo

se ve la Luna a simple vista, porque el recién inventado telescopio no era lo que ahora consideramos que es. El telescopio de Galileo debió haber tenido muchas aberraciones producto de la pobre calidad de los cristales, de las imperfecciones en el pulido de las lentes y la frágil distancia entre éstos. Además tenía un aumento muy limitado. Después de todo, tenía poco de habérselo inventado, y el inventor no era muy versado en óptica.

Finalmente, lo que Galileo acaba de ver es, ni más ni menos, ¡un planeta con *orejas*!

Pero el *modelo mental* que Galileo había construido para explicar lo que vio inicialmente no daba cuenta de lo que vería después. Galileo siguió observando a Saturno, y se dio cuenta de que las orejas cambiaban de tamaño y desaparecían, para después volver a aparecer y cambiar otra vez de tamaño. Y por lo que sabemos –y lo que sabía Galileo- las orejas no cambian de tamaño –al menos, no de esa manera- y mucho menos, desaparecen.

Galileo no sólo tuvo problemas con su modelo explicativo, sino que además se enfrentó con la gente de su época, porque se debe entender que nadie sabía qué era un telescopio, qué era lo que tenía que ver, ni cómo interpretar lo que veía. Eso, sumado a lo defectuoso de su nuevo armatoste, le provocó seguramente dolores de cabeza, pues la gente no acababa de ver lo que Galileo afirmaba que veía.

Para acabarla de arruinar, lo que Galileo estaba haciendo al afirmar que hay planetas que circulan alrededor de planetas, que la Luna tenía cráteres y protuberancias, y que algunos planetas tienen orejas –que luego explicó como planetas muy cercanos al planeta principal, cosa

que *inferió* porque ya tenía el *antecedente* de algo que observó: las lunas de Júpiter-, era desafiar las creencias de sus contemporáneos. Había muchos elementos en su contra. Pocos le creyeron.

Galileo murió sin encontrar explicación a lo que le sucedía a Saturno. Nunca pudo encontrar la respuesta porque nunca había visto algo así, y no encontró a su vez, en su contexto –ambiental o cognitivo-, algo que le hiciera inferir una posible respuesta.

La cuestión sólo fue respondida cuando, en 1655, un tal Christiaan Huygens se hizo de un mejor telescopio y pudo ver con precisión que lo que Saturno tenía no eran orejas, ni planetas circundantes, sino *anillos en un plano*. Se estableció así un *nuevo* modelo mental para explicar el comportamiento del planeta.

Tómese una hoja de papel. Véase con alguna de sus caras de frente, es decir, colóquesela paralela a la cara. Lentamente, rótesela frente a la vista, hasta que quede perpendicular a la cara. Se verá que la hoja cambia de tamaño aparente, y luego, cuando está bien de canto, parece desaparecer. Voilá.

La respuesta a la extraña conducta de Saturno se encontró mediante la observación con un mejor instrumento, no con una inferencia lógica pura²¹, pues para hacerlo habría que generar una correlación entre la idea del plano y las configuraciones planetarias observadas –ya establecidas como modelos mentales disponibles-, o posibles –hipotetizadas a partir de otros modelos mentales. Eso era algo que no tenía antecedente, ni relación directa *evidente* para alguien. En efecto, no es obvia la relación entre el plano y lo que Galileo observó. Es un reto cognitivo prácticamente imposible de hacer, pues no había razón lógica o vivencial que pudiera justificar tal propuesta.

Hoy podríamos sentirnos tentados a pensar que Galileo era medio tonto, medio ilógico o medio corto de imaginación. Para nosotros, *evidentemente*, Saturno tiene anillos, y nos parece una ridiculez creer que un planeta tenga orejas. Pero juzgar así a Galileo implica que los cortos de vista somos nosotros.

Los instrumentos cognitivos que poseemos y nuestra experiencia –adquirida a través de lo que hemos aprendido en la escuela, o que hemos visto en un museo- permiten que incluyamos el modelo del plano como representación disponible y posible de la explicación de algunas observaciones planetarias.

Podemos utilizar el modelo mental del plano, pues está disponible, junto con otros modelos mentales –por ejemplo, el de las orejas²²-, como explicación o como referente para crear otros modelos mentales que den cuenta de observaciones en el cielo no explicables con los modelos ya disponibles –orejas, bolillos, lunas o planos de anillos.

El modelo mental se genera a partir de las posibilidades que nos permitan tener tanto la razón como la experiencia, y la suma de éstas. Siempre necesitará, para ser generado, de un referente, de un modelo previo que ya esté disponible, operante.

2.4.3.1. El papel del texto visual en la apropiación de modelos mentales

Para deshacernos de la sensación de prejuicio que rodea la capacidad de los textos visuales para explicar, pero sobre todo, para crear modelos mentales, desmenuzará el problema en dos partes: primero, cómo un texto visual propicia la generación de un modelo mental y, a partir de esto, cómo se debe “materializar” un modelo mental mediante un texto visual.

Finalmente llegaremos a algunas conclusiones que matizarán la afirmación de que los textos visuales sirven para alentar la lectura de la información científica y para potenciar

la comprensión y asimilación de esta información.

Utilidad del texto visual para crear modelos mentales

En el estudio presentado por Arthur Glenberg²³, se demuestra que las imágenes pueden ayudar a construir modelos mentales porque la estructura intrínseca de los textos visuales –las relaciones entre las partes- son muy parecidas o idénticas a la estructura que tienen los modelos mentales.

El texto visual sirve para crear modelos mentales porque pone en evidencia espacio-temporal las relaciones de causa-efecto en las explicaciones, o sea, la naturaleza misma del texto visual ayuda a representar los procesos y relaciones: “el arreglo espacial de los componentes de las imágenes induce a un arreglo similar de elementos representacionales en la memoria activa – [es decir, tiene un arreglo similar al] modelo mental -”²⁴.

La posibilidad de realizar una lectura simultánea, y la visualización espacial y temporal de un texto visual permiten que éste sea utilizado como memoria externa a la cual se le pueden confiar elementos, relaciones de elementos y detalles necesarios para la comprensión de algo, pero que por ser información nueva o considerable no puede ser retenida con sólo haberla visto una vez²⁵.

En este sentido, los textos visuales superan al texto escrito porque, en los primeros, como se ha dicho, las relaciones son explicitadas de manera espacial: las características espaciales del texto visual permiten que el acceso a detalles de la información sea más rápido que en un texto escrito, que necesariamente privilegia la lectura secuencial y lineal, y en el que es difícil encontrar algo rápido y fácil porque no está estructurado tomando como elemento primordial de creación al espacio de expresión material –aspecto que se debe abordar indudablemente en la construcción de todo texto visual a través de las estrategias compositivas espaciales. En pocas palabras, no hay texto visual sin composición espacial.

Recordemos que la composición de un texto visual se instaura considerando tanto al plano de contenido como el de expresión. No hay de otra en un texto visual. Cuando se visualiza un proceso, cuando se compone, quedan de esta manera representadas las relaciones de causa-efecto.

Así, primero la imagen se percibe toda, simultánea. Luego, ésta puede ser leída de manera secuencial para ser entendida, y posteriormente, puede ser re-visitada: se presta a realizar lecturas no lineales, que no obedecen a la secuencia lógica, para “re-ver” los detalles olvidados o perdidos²⁶.

El texto visual sirve para crear modelos mentales porque:

- Con el grado de iconicidad es posible representar la diferencia entre el modelo y realidad. El modelo es representación de la realidad, y no la realidad misma²⁷.
- La ubicación espacial de los objetos puede representarse en planos bi-dimensionales y tri-dimensionales. Esta capacidad espacial de los textos visuales permite que sean comprendidas, de mejor manera, las relaciones de causa-efecto dentro de un proceso o una narración.
- Con relación al punto anterior, hay elementos o detalles informativos que requieren de una cierta visualización de la orientación espacial para ser entendidos correctamente.
- Algunos elementos como el color, el contorno o el contraste, pueden ayudar a la comprensión de los límites entre objetos y estructuras.
- Los textos visuales se prestan a resaltar detalles mediante la ampliación y la presentación simultánea de partes importantes de los objetos. Con esta característica se pueden también representar los contextos de dichas partes.
- Con los textos visuales se pueden representar secciones y visualizar los interiores y exteriores de un objeto.

- Las imágenes pueden ser parte de un conjunto secuencial que represente el orden de los procesos. Los esquemas, cómics, animaciones, fotorreportajes y audiovisuales pueden representar las relaciones causa-efecto. Funcionan mejor que un texto escrito detallado y completo sobre estos mismos procesos porque en el texto visual siempre quedan implícitas las relaciones espacio-temporales.
- El uso de grafismos –como las flechas o los globos de un cómic- sirven cuando no se puede mostrar de otra manera los movimientos y el desplazamiento de objetos y procesos²⁸.

2.4.3.2. Materialización del modelo mental con el texto visual

El modelo mental se representa materialmente obedeciendo a las pertinencias de distintos discursos –lingüístico, matemático, como ejemplos- y a través de diferentes textos –visuales, escritos. Un modelo mental materializado en texto visual es una representación física visual que trata de algo, o sea, las imágenes se constituyen en representaciones de situaciones²⁹.

Tales representaciones harán uso de la memoria activa para poder ser interpretadas, particularmente de la capacidad visual-espacial, aunque no traten específicamente de relaciones espaciales³⁰. Este tipo de memoria tiene una capacidad limitada para retener y actualizar una gran cantidad de detalles, y por lo tanto, debemos observar que los textos visuales:

- *Sean concisos*. Las explicaciones materializadas en textos visuales deben ser presentadas usando sólo un pequeño número de imágenes simples y, si bien en el plano de la expresión obedecen a un estilo, éstos no deben explayarse en detalles irrelevantes. Hacer poco énfasis en elementos de ornato. La concisión también se encuentra en la cantidad de temas y la profundidad con que se abordan. Deben ser pocos temas, y refiriéndose solamente a un pequeño número de las partes o acciones de este tema³¹.

Debe considerarse que a mayor iconicidad, se puede sobrentender que se trata de una representación cada vez más apegada a la realidad. Como dice Lourdes Pérez de Eulate: “Conviene desechar la idea de que las imágenes más realistas son mejores para el aprendizaje (...) ya que [incluirán] de modo inevitable información irrelevante y ambigua”³². Un exceso del nivel icónico puede hacer creer, primero, que se trata de la realidad y no de un modelo. Segundo, un alto nivel icónico requiere, forzosamente, de la representación de más información –quizá más de la requerida para comprender, y entonces quizá sólo estorba o impide la correcta interpretación del texto visual.

Hay que tener especial cuidado con la representación de múltiples planos, porque no todos los lectores son capaces de interpretarlos de forma adecuada. La lectura de planos tridimensionales en representaciones bidimensionales es algo que se aprende, y no todas las culturas pueden hacerlo³³. Lo mismo sucede con las animaciones y en general con todos los textos que se encuentran en medios audiovisuales: la secuencialidad y temporalidad y el tratamiento de las estructuras narrativas propias de estos medios son elementos que deben aprenderse a interpretar. En la elaboración de secuencias, se deben representar los detalles relevantes, necesarios para comprender los procesos. La información sobrante impedirá la correcta interpretación y retención de la secuencia. Recordemos que a mayor detalle, se necesita de mayor capacidad de memoria³⁴.

Finalmente, en *Visual Explanations*, Edward Tufte aconseja –tanto para facilitar la lectura de un texto visual, como para fines estéticos- utilizar en todo momento la siguiente estrategia de diseño, la *diferencia efectiva más pequeña*:

*“Haz todas las distinciones visuales tan sutiles como sea posible, pero que sean todavía claras y efectivas”*³⁵. De esta manera se puede estructurar el diseño en jerarquías informativas, establecer los elementos secundarios y estructurales del texto visual. Al jerarquizar “silenciando” los elementos secundarios se evitará la sobrecarga visual, la maraña informacional a la cual no se le encontrará el sentido. En diseño, cuando *todo* es enfatizado, *nada* es enfatizado.

- *Sean coherentes*. Las imágenes lo son si las explicaciones que representan están estructuradas bajo una cadena de causa y efecto. Así, los cambios que se operen en alguna de las partes tienen relación con el cambio de otras partes del sistema. No se trata de que el texto visual describa un proceso, sino que permita el razonamiento *cualitativo*³⁶: que la gente se pregunte ¿qué es lo que está pasando?

Los textos visuales deben guiar la atención del lector a través de estrategias narrativas que representen esta causa y efecto³⁷ -en el plano de contenido, de la información presentada-, y a través de estrategias formales: consenso en el orden de lectura, elementos isotópicos, composición espacial. El arreglo espacial de los componentes de las imágenes induce un arreglo similar en los elementos involucrados en el modelo mental que se adoptará: primero debe representarse lo primero del modelo. Por eso se debe ser cuidadoso en la composición del texto visual³⁸.

- *Sean coordinados*. Si el texto visual va acompañado de otro texto, como el escrito, la correspondencia entre éstos debe ser lógica y referirse a lo mismo, aunque no redunden entre sí.

Los rótulos deben indicar dónde está la información relevante dentro de la imagen, deben poner de manifiesto la relación causa-efecto antes explicada y deben ayudar a establecer las relaciones entre las partes de la imagen. Deben focalizar la lectura, subrayar los conceptos más relevantes y completar la información que contiene la imagen. No deben redundar, salvo que así lo requiera la coordinación de los distintos textos³⁹. Nunca deben sobrecargar con información irrelevante la cantidad de elementos del texto conjunto⁴⁰: la conjunción de texto visual y escrito debe propiciar a que se generen conexiones cognitivas, no sólo deben estar para ser vistos o leídos, sino para complementarse implícitamente uno a otro⁴¹.

- *Impulsen conexiones referenciales*. Las ilustraciones deben impulsar la creación de modelos mentales aplicables y coherentes⁴². Con respecto a la información, se debe tener cuidado de no representar modelos mentales incorrectos, ni de propiciar la generación de un modelo mental incorrecto -en el caso de la comunicación de la ciencia, un modelo que no corresponda con la información científica⁴³ o con la imagen que se desee dar de ciencia.

Bajo la misma premisa, se deben preferir los esquemas que representan no sólo las estructuras y partes de los objetos o procesos, sino cómo se comportan en relación de unas con otras.

Los textos visuales deben permitir que se dispare el mecanismo cognitivo de “darse cuenta”⁴⁴, pues esto amplifica la comprensión y la retención. Es decir, se debe permitir que el modelo mental del lector actúe como generador de *inferencias* para encontrar la decodificación de relaciones que están implícitas en el texto visual, así como la codificación y refuerzo de algunas relaciones explícitas⁴⁵. “Darse cuenta” a través de la adición, supresión o movimiento de los elementos representacionales y la relación que puede deducirse de unos y otros. Finalmente, se trata de que el lector pueda crear modelos más ricos y elaborados que los originales, de los cuales se partió -los del texto visual y los del lector. De la misma manera, las imágenes deben crear las pistas para “darse cuenta” de posibles relaciones inapropiadas -entendidas como que la estructura de la imagen no refleja la estructura de la situación que ésta intenta representar⁴⁶.

- *Aprovechen al máximo las capacidades significantes del texto visual*. Los textos visuales funcionan mejor cuando se aprovecha su característica de lectura simultánea, diferida y no lineal. Cuando las imágenes se estructuran a semejanza de un texto escrito -linealmente- no sólo funcionan mal, sino peor que éstos, pues pierden totalmente su capacidad relacional y su capacidad como representación simultánea de los elementos⁴⁷.



2.4.4. Para quiénes una imagen vale más que mil palabras

Richard Mayer hizo una serie de estudios sobre imágenes que tratan de ciencia, planteándose la pregunta siguiente: ¿cuándo una ilustración vale más que mil palabras?⁴⁸ El “cuándo” se convirtió pronto en un “para quién”, y los resultados encontrados indican que las imágenes valen para algunos, *no para todos*:

- Los que más se benefician del texto visual son, paradójicamente, los estudiantes menos aventajados en alfabetidad visual -aquéllos que se ha visto no logran entender claramente o descifrar, por ejemplo, lo explicado en animaciones o en ilustraciones tridimensionales-, pues un texto visual les proporciona un modelo visual que ellos mismos no pueden construir. Sin embargo, debe tenerse especial cuidado al crear un texto visual para ellos: cuidar el nivel de iconicidad, la estructura de la composición para representar la secuencia causa-efecto, el estilo, los ornatos, etc., pues su baja alfabetidad visual puede ser un factor que propicie la incomunicabilidad: el fracaso en la interpretación y la falla en la generación de un modelo mental apropiado.

- Los estudiantes más aventajados en capacidades visuales pueden construir por sí mismos sus propios modelos visuales siempre y cuando hayan comprendido bien la información de origen—en este caso, científica. En efecto, podrán construir modelos visuales apegados a la información que entendieron, pero si ésta es deficiente o fue malentendida, el modelo visual —y por lo tanto, el modelo mental— también lo será.

- Los estudiantes más aventajados con respecto a la información científica no se ven beneficiados ni perjudicados por un texto visual, pues tienen ya información suficiente como para aprender aun sin las representaciones visuales y, en algunos casos, para evaluar correctivamente cuando el texto visual tiene errores. Pero si el lector apenas está re-configurando un modelo mental, un texto visual incorrecto lo confundirá.

En conclusión, la respuesta de este investigador y de su equipo es la siguiente: las ilustraciones valen más que mil palabras “[cuando el contenido que representan está estrechamente relacionado con lo representado], cuando el valor de la ilustración se mide en términos del entendimiento del que aprende [sus instrumentos cognitivos, incluida su alfabetidad visual], cuando las ilustraciones explican [y no sólo enuncian] y cuando el estudiante tiene poca experiencia previa [visual o de información científica]”.

Si bien no he encontrado un estudio en el cual se analice con detenimiento qué tanto un individuo se apropia de un modelo científico a través de un texto visual, me atrevo a decir que, cuando vemos algo por primera vez, la imagen quedará impresa en nuestra memoria de manera significativa, y que será muy difícil modificar posteriormente esa imagen. Por ejemplo, en el cómic analizado ya antes, “Habitantes del mundo cuántico”, los electrones se representaron de color azul, y hemos encontrado que no importa cuánto se le diga a la gente que esa es una representación y que no es que los electrones sean azules: siempre que hemos preguntado sobre los electrones, nos contestan en referencia a la característica de “azul”, pues *eso que vieron en el cómic es su primera aproximación a un electrón*.

Cuando en comunicación de la ciencia se utiliza una estrategia como la metáfora o la analogía se recomienda que el comunicador advierta a su lector que se trata de una representación, no de la realidad en sí, y que la analogía o la metáfora le servirá sólo para entender de manera aproximada un concepto científico. Pero si la analogía o la metáfora es visual, la advertencia no parece ser suficiente: como dijimos, no importa cuánto le digamos al lector del cómic que un electrón no es azul. Cuando aparezca en su vida la palabra ‘electrón’, verá aparecer en su mente un ser azul de gorrita.

Es decir, los textos visuales tienen una capacidad importante para fijar información en la mente de una persona —aunque no la entienda cabalmente—, y puede, por tanto, fijar

fuertemente modelos, ideas y juicios erróneos con respecto a la información científica, errores que luego será muy difícil remover o corregir.

Tomando en cuenta lo anterior, podemos afirmar que la comunicación de la ciencia debiera aprovechar el alcance *real* de los visuales en su capacidad significativa. Los visuales sirven a la comunicación de la ciencia no sólo como una táctica más que puede enriquecer estéticamente su discurso. Éstos son, también, un recurso dirigido a aquellas personas que no han permitido la entrada a sus vidas del libro, el artículo, el editorial y que no saben mucho sobre ciencia. Son implementos para que la gente se pueda enfrentar por primera vez a la ciencia. No emplear las ventajas de un visual es un desperdicio, y la comunicación de la ciencia no se puede dar el lujo de desaprovechar tales recursos. Sin embargo, veremos que la capacidad para comunicar de un texto visual ha sido desperdiciada en la comunicación de la ciencia.

2.4.5. Los textos visuales y su potencial para afirmar.

Retrato del desperdicio de una imagen

Basándose en una categorización de Michel Tardy, la lingüista Lourdes Berruecos hizo un análisis de la función semántica que tienen las imágenes en el discurso de de comunicación de la ciencia. Su sujeto de estudio fueron un nutrido grupo de revistas publicadas en español⁴⁹. En este examen encontró que las imágenes reproducidas en tales revistas tienen ciertas funciones semánticas, ya expuestas por Tardy:

- *Las imágenes como anzuelo*. Son aquéllas que sirven para llamar la atención del lector. Revistas como *Muy Interesante* hacen uso amplio de este tipo de imágenes, sobre todo, en sus portadas. Se debe ser cauteloso con el uso de estas imágenes porque a veces dicen más de lo que deberían, y en muchas ocasiones, lo que “dicen” es incorrecto con respecto a la información científica que pretenden ilustrar.

- *Las imágenes como referentes*. Éstas contienen datos anexos al cuerpo de datos científicos, como por ejemplo, el retrato de un investigador o la fotografía del centro de investigación al que pertenece. El asunto con estas imágenes es que, si lo que pretenden es contextualizar, *referenciar*, a veces lo hacen de manera muy superficial, pues por ejemplo, con poner la fotografía de un equipo de científicos, no necesariamente se logra retratar la forma como se construye la ciencia.

- *Imágenes oníricas*. Yo llamaría a esta función de *ornato*. Son imágenes atractivas que no significan algo concreto con respecto a la información científica expuesta. Sólo están para embellecer. Hay imágenes oníricas más profundas que otras; en cualquier caso, no tienen relación directa con el escrito científico, es decir, si existen o no resulta irrelevante a la intención final de comunicar claramente la ciencia. El uso exagerado de estas imágenes entorpece la lectura por exceso de información irrelevante. También puede suceder, como en el caso de las imágenes como anzuelo, que digan algo erróneo sobre el tema científico o la ciencia *en sí*.

- *Las imágenes de mediación intersemiótica*: son apoyos visuales al texto sin los cuales la información científica no queda clara, explícita o completa. En este rubro entran las infografías, los esquemas, los mapas y similares. El gravísimo inconveniente con estas imágenes está cuando se crean pensando que son versiones ligeras y “bonitas” de aquéllas de los libros de texto de educación formal⁵⁰.

Debe distinguirse que a veces la distinción no es tajante, y que una imagen puede cumplir varias funciones a la vez.

A primera vista pareciera que todas ellas cubren la lista de necesidades del discurso

de la comunicación científica. Sin embargo, a mi parecer, falta una función⁵¹, aquélla que apela a las aptitudes de interpretación del usuario a un nivel mucho más profundo. Faltan las imágenes con función *interactiva*. Y faltan no porque a la lingüista se le haya pasado catalogarlas, sino porque *no las encontró*.

Como observamos, no hay una sola clasificación en la que el texto visual pueda ser considerado como texto independiente, capaz de portar contenido a través de recursos comunicativos propios. Con esto no se está diciendo que las funciones semánticas ya existentes sean eliminadas. Sólo se hace ver que son insuficientes, pues no explotan eficazmente la capacidad de los textos visuales para propiciar la generación y adopción de un modelo mental propio, es decir, no llegan a impulsar la puesta en marcha de mecanismos cognitivos formales, que permitan la generación de propuestas, de posibles explicaciones. Permítaseme proponer una manera de comenzar a realizar este tipo de imágenes.

2.4.6. Demanda e interactividad

Hace ya un tiempo, en 1956, el profesor Benjamin Bloom⁵² -de la Universidad de Chicago- hizo, junto con sus colegas, una "taxonomía" que clasificaba lo que llamó *objetivos específicos de aprendizaje (OEA)*. Las categorías de esta taxonomía se referían a los niveles de conocimiento que deberá alcanzar el alumno como resultado del proceso de enseñanza-aprendizaje. En esta taxonomía había tres dominios, todos involucrados en el proceso de aprender:

- *El dominio cognoscitivo*, que enfatiza la conquista de retos con fines intelectuales, por ejemplo, la memorización de teorías, la comprensión de ideas, aplicación de teorías o la creación de un texto visual.
- *El dominio afectivo* se refiere a los sentimientos y emociones, y la reacción a éstos: intereses profesionales, adhesión o rechazo a un grupo social, adaptación a tales grupos.
- *El dominio sicomotor*, que abarca todas las habilidades motoras: manejar un auto, escribir a máquina, operación de maquinaria, las técnicas taquigráficas.

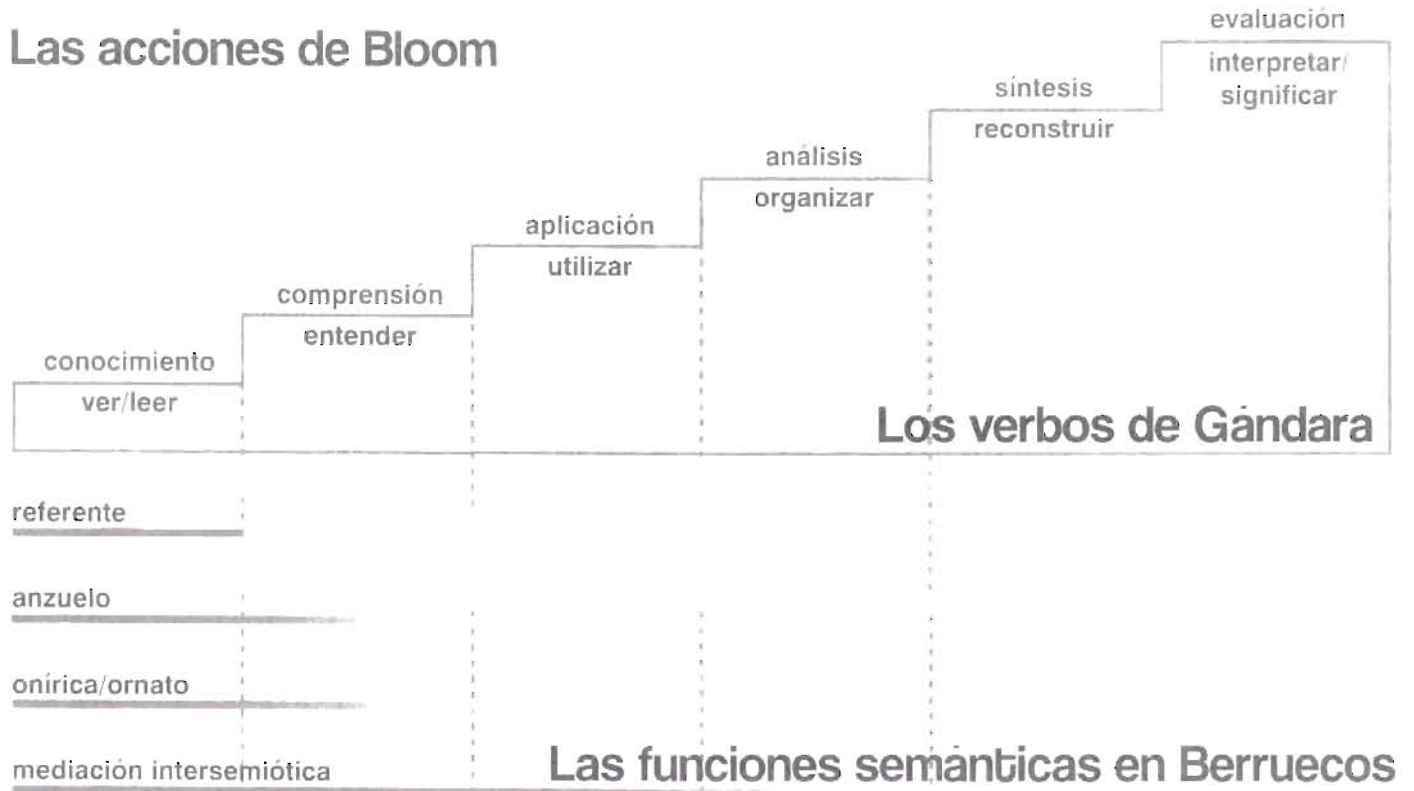
En el dominio cognoscitivo, Bloom agrupaba *acciones dentro de niveles de aprendizaje* para poder definir con mayor claridad los objetivos a alcanzar en los planes de estudio. Así, en el primer nivel de aprendizaje se encontraban aquellos verbos que sólo implicaban la acción de saber que algo existe, sin más demanda que el simple saber de algo. Así, los niveles subían, como peldaños de una escalera, desde la comprensión, la aplicación, el análisis y la síntesis, sucesivamente, hasta la evaluación, siendo éste último el nivel máximo de apropiación y manejo de las ideas. Esta es la cúspide del aprendizaje.

En tiempos más recientes, el doctor en diseño Manuel Gándara retoma tal idea⁵³. A partir de otros autores, afirma que se puede conocer la profundidad o el nivel de interacción – la demanda de acciones que un sistema multimedia pide a su usuario-, conociendo la cantidad de verbos que se deben ejecutar durante el uso de estos sistemas y la profundidad con la que éstos involucran el proceso de cognición del usuario. Entonces, siguiendo esta idea, un multimedia que sólo demanda el uso de los verbos "ver" o "leer" no tiene, como es evidente, una gran invitación a la interacción, pues no se puede ni se necesita hacer más. Gándara afirma que, incluso, a eso no se le puede llamar "interactivo".

Bajo la misma lógica, los verbos pueden aumentar en cantidad y en demanda cognitiva –es decir, aumenta la demanda cuantitativa y cualitativa del usuario-: entender, manipular, analizar, reconstruir, interpretar, significar.

Al igual que Bloom, Gándara no proporciona una lista de verbos específicos. Sólo indica que *el número de verbos y el nivel de demanda que éstos involucran definen el nivel de interacción*.

Ahora bien, si regresamos al trabajo de Lourdes Berruecos y lo contrastamos con estas maneras de evaluar el nivel de interacción, nos encontramos con que cada una de las funciones semánticas de los textos para la comunicación de la ciencia llegan al tope de su demanda cognitiva en un nivel bajo a mediano, es decir, de baja interactividad. Incluso podemos afirmar que son pocas las imágenes con función de mediación intersemiótica - esquemas, infografías- que van más allá del verbo “entender”, o en términos de Bloom, del nivel de comprensión de la información que contienen. ¿Se ve cómo se ha desperdiciado la capacidad de los textos visuales para apelar a la facultad de entendimiento de sus lectores?



Recordemos que, si bien la enseñanza formal de la información científica no está dentro de los objetivos de la comunicación de la ciencia, sí está la posibilidad de cambiar la actitud de las personas con respecto a la ciencia. Y eso se logra aprendiendo, asimilando lo que la ciencia *es*: una representación del mundo.

En efecto, en la comunicación de la ciencia no se trata de que las personas apliquen, evalúen y generen información científica especializada, específica, pero sí se trata de comprendan, asimilen y recuerden, no los detalles de la información, sino lo que se *siente poder entender ciencia*. Quizá, a la larga, olviden los pormenores, olviden el mecanismo preciso por el que se explica cierto fenómeno de la naturaleza, olviden el dato específico, pero lo que debe procurar la comunicación de la ciencia a su interlocutor es la sensación permanente del goce estético, la sensación agradable que se tiene después de haber comprendido algo con los propios medios, a través del entendimiento –sensación que llamo de ‘¡Eureka!’’. Debe aportar algo para que se genere una representación coherente del mundo y su aplicación por convicción. La ciencia se adopta o se rechaza, o se retoma en algunas de sus proposiciones porque uno se convence de su utilidad, coherencia o estética –o de su inutilidad o de su incoherencia, en caso de rechazo.

Para lograr eso no sólo basta con la comprensión de datos científicos, sino con la asimilación de la sensación de haber comprendido, de haber puesto a *juicio* un pedazo de esa representación del mundo para saber si conviene integrarlo en el mundo propio. Y eso se

logra apelando a las potencialidades cognitivas del interlocutor.

Veamos a continuación otros elementos que, a través de textos visuales interactivos, nos llevarán a proponer alguna manera de llamar a la facultad de entendimiento del lector.

2.4.6.1. La interactividad en los juegos de video: una propuesta de los niños *Nesa-Pong*

Me permito hacer una descripción sobre cómo he visto que se logra un nivel de interactividad alto. Pido disculpas por la falta de rigor académico, pero apelo a algo que considero tan valioso como el estudio sistemático de un investigador de talla internacional: la experiencia de los niños de mi generación en el uso de los juegos de video. Esto me permitirá establecer una serie de parámetros que puedan ser introducidos en la creación de un texto visual.

Durante toda mi vida he jugado y he visto jugar juegos de video. Mi generación pasó por el *Nesa-Pong* -lo máximo en tecnología de dos bits-, el *Intelelevision*, el *Atari*, el *Nintendo* –en todas sus versiones- y el *PlayStation*. Jugamos a programar en la *Commodore*, jugamos en las *Macs* y en las *PCs*. Ahora jugamos en el *N-Cube* y el *X-Box*. Jugamos en línea vía internet.

Al hacer un recuento de los juegos que he visto en estos años, me encontré con que todos los juegos interesantes, llamativos y que tienen gran éxito entre los usuarios -sin importar si es un juego de Atari, o el último de X-Box- comparten estas características:

- *Las reglas del juego se encuentran a través de pistas y convenciones*

Los juegos de video no tienen instrucciones precisas, explícitas. Se entra al entorno de juego, y se comienza a *ver qué sucede*. Se encuentran las *posibilidades de acción*: caminar, moverse, avanzar o escoger a los personajes y enemigos. Es decir, todo se descubre: los poderes de los personajes, las propiedades del entorno y lo que el usuario puede ir haciendo. A través de *pistas* se establecen *indicios*.

Las pistas tienen la característica de ser *redundancias* en el plano del contenido –la narrativa- o en el plano de la expresión. Por ejemplo, una redundancia de contenido son los datos que el jugador obtiene de personajes que éste encuentra en su aventura, que le hablan y le explican crípticamente qué es lo que debe hacer. Estos personajes siempre están para dar pistas. Una redundancia en el plano de la expresión es la aparición de artefactos, figuras, objetos o personajes que se comportan siempre de la misma manera. Con estas redundancias o *isotopías* se indica cuánto se tiene de “vida”, qué cosas se pueden comer, qué es un veneno, quién es peligroso. Las pistas ayudan a ir perfilando acciones *físicas*.

También hay convenciones en el uso de ciertos iconos y personajes para indicar cuál es su papel dentro del juego. Así, la comida casi siempre se representa a través de un pollo, de piezas de éste o de frutillas. Las calaveras siempre son peligrosas, y deben ser evitadas. Es decir, ya existe una *convención social* que permite descubrir también ciertas acciones y situaciones constantes.

Esto, finalmente, proporciona unas *reglas* de juego que el mismo usuario deduce con base en la prueba y el error, así como a partir del conocimiento de convenciones sociales. A veces las pistas son bien interpretadas, las convenciones hacen lo suyo, y así se avanza al siguiente nivel; a veces no... Y entonces el usuario parece o pierde. *Game over*.

- *El juego sólo se gana si se establece una estrategia*

No es suficiente con encontrar pistas e intuir qué puede hacer uno con las reglas. Una vez que se deduce con las redundancias cómo se puede sobrevivir en el juego, cómo utilizar el entorno a nuestro favor, se debe establecer una *estrategia* para conseguir un fin, es decir, se perfilan las acciones *cognitivas*: en qué casos es prudente utilizar un arma en vez de otra, qué puerta debiera abrir, o si debo optar por ciertos caminos en vez de otros. Nótese que estas

acciones cognitivas ya no se encuentran dictadas por el juego. Es el propio jugador quien las va generando a partir de inferencias, de procesos cognitivos que le permiten crearse una estrategia. Por eso cada jugador puede, literalmente, hacer un juego único, propio.

Es decir, el juego demanda encontrar, primero, una colección de acciones físicas, y luego, estructurar, por procesos intelectuales, ciertas acciones cognitivas, una serie de estrategias que permitan alcanzar una meta: al final se debe matar al vampiro, rescatar a la novia o encontrar la cura a una epidemia.

El *quid* de la interacción se hace evidente cuando es posible realizar una estrategia *personal* para abordar algo de manera exitosa: un videojuego, una película, un libro.

-La satisfacción de jugar está en el hallazgo

Nótese que a lo largo de todo el trayecto del juego hemos tenido que hacer una serie de deducciones, de inferencias. Cada proceso implica la posibilidad de hacer un *hallazgo* –el ‘¡Eureka!’ que debería ser tan buscado en la comunicación de la ciencia: la emoción ante un descubrimiento que uno mismo ha hecho: descubrir caminos nuevos, estrategias propias, tips y modos de jugar más atrevidos o excitantes. La emoción, finalmente, no está en matar al vampiro, en rescatar a la novia o en encontrar la cura que salve a la humanidad, sino en saber por fin cómo se puede hacer para llegar a ellos.

Podemos ver que los juegos de video más interesantes son aquellos que permiten no sólo la acción motriz, sino la cognitiva. Cuando un juego permite que estas acciones se den, cada jugador puede crear sus propias soluciones al juego. Son, en toda la extensión de la palabra, *interactivos*.

Hasta aquí hemos perfilado ciertas maneras de evaluar el nivel de interacción de un texto en un medio. Sin embargo, podemos todavía delimitar más esta evaluación.

2.4.6.2. Los juicios de valor del lector como indicadores del nivel de interactividad y su relación con tres tipos de enunciaciones que conforman el contenido de todo texto para comunicar ciencia

En este apartado veremos cómo la lectura de un texto –sea visual o de otro tipo- puede propiciar que su lector emita juicios sobre éste, y que estas valoraciones van desde lo muy superficial, hasta razonamientos con origen en lecturas complejas, re-significadas. Es en el análisis del guión literario de un *objeto de comunicación* –siendo éste la materialización del texto-, y en tanto éste permita la emisión de juicios valorativos por parte de su lector, que se puede conocer el nivel de interacción de tal objeto, pues hacer estas valoraciones –emitir juicios- implica una demanda cognitiva que el objeto exige al lector.

La planeación de un texto juega un papel importante en determinar, como autor, hasta dónde el interlocutor puede llegar con sus juicios. Por ejemplo, hay objetos de comunicación que sólo pueden ser juzgados en términos de “bonitos” o “feos”. Pero los juicios no tienen por qué detenerse ahí: los objetos también pueden ser planeados para que sean sometidos por el juicio del espectador a nivel de “entiendo” o “no entiendo”, hasta llegar al “estoy de acuerdo” o “no estoy de acuerdo”, e incluso, “propongo”. Nótese la diferencia en la demanda cognitiva implícita que cada uno de estos niveles de juicio representa.

En efecto, quizá sólo algunos de nuestros interlocutores lleguen al nivel final –a considerar el rechazo o la adopción de nuestra propuesta, o a generar otra a partir de la nuestra-, pero sí debemos hacer que nuestros textos *permitan la opción* de realizar tales juicios, es decir, que permitan la iniciativa de realizar juicios de valor a múltiples niveles cognitivos.

Afirmo que los textos pueden propiciar distintos niveles de juicios de valor en relación



a *qué suerte de enunciaciones son*: los juicios de valor sólo pueden ser más profundos cuando el texto visual no se queda como una enunciación general de tipo descriptivo o explicativo, sino que se torna *argumentativo*. Con los textos visuales se pueden hacer *argumentos*. A partir de los argumentos es posible tanto apreciar estéticamente un texto visual, como estar o no de acuerdo con éste, proponer y re-crear.

Con esto no se quiere decir que todos los textos visuales debieran evitar ser explicativos/descriptivos. Solamente quiero decir que *su capacidad para comunicar algo no termina ahí*.

Para que se comprenda mejor la idea, detallaré a qué me refiero cuando distingo entre enunciaciones descriptivas, explicativas o argumentativas.

Tres tipos de enunciaciones que conforman todo texto para comunicar ciencia

Propongo la siguiente distinción del tipo de enunciaciones que pueden constituir a cualquier proyecto de comunicación de la ciencia.

Hay tres tipos de enunciaciones:

- *Enunciaciones nominativas*. Son aquéllas que funcionan como definiciones: qué es tal cosa o fenómeno, o que características posee. Un tipo de enunciación nominativa sería: “El nopal pertenece a la familia de las cactáceas” o, “Júpiter tiene ‘X’ número de satélites”.
- *Enunciaciones explicativas*. Describen un proceso o fenómeno. Un ejemplo es cómo una planta transforma bióxido de carbono en oxígeno durante la fotosíntesis. Otro ejemplo: la descripción del funcionamiento del motor de combustión interna.
- *Enunciaciones argumentativas*. Son, como su nombre lo indica, argumentaciones que constituyen afirmaciones de pensamiento, posturas, modos de entender el mundo expresados en enunciados: “La raza aria es superior a otras razas”, es un ejemplo. Otro menos chocante, y además muy bello sería “Todos estamos hechos de polvo de estrellas. Fuimos creados en la cocina cósmica”.

¿Podemos darnos cuenta de las diferencias entre enunciaciones? Nótese que como lectores, de las nominativas y de las explicativas no podemos *opinar* mucho: no podemos establecer un juicio de valor al respecto de ellas, pues no constituyen potenciales *provocaciones* a partir de las cuales uno pueda emitir una valoración. Sólo podemos afirmar, cuando mucho, que no lo sabíamos, o que quizá es correcto o incorrecto lo que se dice en estas enunciaciones⁵⁵.

No pasa lo mismo con los *argumentos*: en ellos está implícita una concepción del mundo, una afirmación provocadora con la que podemos o no estar de acuerdo, que puede chocarnos, que puede maravillarnos, que puede suscitar una pregunta, una inquietud, que puede producirnos *una sensación* emotiva y/o intelectual. Aunque sean cortas, las enunciaciones argumentativas llaman de manera inmediata a la forma de concebir el mundo del propio lector, a que éste piense en sus propias estructuras ideológicas y a que compare, de alguna manera, lo que dice el objeto de comunicación con sus estructuras personales.

Con respecto a las enunciaciones explicativas, hay que tener especial cuidado: si se dejan sin contextualizar dentro de argumentos, ‘brincan’ automáticamente al ámbito nominativo. Se tornan carentes de valor para el lector. De manera aislada, las explicaciones o los recuentos históricos de tipo monográfico –como: “Beethoven nació en 1770 en tal lugar y...”- son un cierto tipo de ‘narraciones’, sí, pero que carecen de valor argumentativo en tanto no sean sometidos a un contexto más profundo, en el cual se pueda distinguir el principio, el desarrollo y el final de una afirmación, una propuesta, una provocación.

Dado lo anterior, es posible afirmar que si un proyecto de comunicación de ciencia

tiene predominantemente enunciaciones nominativas o explicativas será uno tal *que no permita la intervención del juicio valorativo del espectador; por tanto, la demanda cognitiva que exija tal objeto de comunicación será muy baja*. Cuando un objeto de comunicación está hecho con este tipo de enunciaciones, únicamente permitirá que el espectador ejecute la acción de ‘saber que algo existe’: como vimos en la propuesta de Manuel Gándara, esto es indicativo de un bajo nivel de interactividad.

Sólo cuando la descripción o la explicación se contextualiza en afirmación, cuando forma parte de un argumento, adquiere sentido y es susceptible de *someterse a juicio*. Sólo así se torna en reto para quien lo percibe. Sólo así puede ser interpretado de manera personal.

Ahora cabe hacer la pregunta ¿qué tipo de enunciaciones predominan en nuestros objetos para comunicar ciencia, o sea, en nuestros textos? Hagamos la pregunta más generalizada: ¿cómo podemos darnos cuenta de qué tipo de enunciaciones predominan en un objeto de comunicación de la ciencia? Esto puede verse cuando escribimos o analizamos su *guión literario*⁵⁶.

2.4.6.2.1. El guión literario como evidencia del nivel de interacción

El guión literario *cuenta* qué es lo que va a decir un objeto de comunicación, sea por ejemplo, una imagen, un audiovisual o un multimedia.

Un guión literario *pide* un argumento: una introducción, un desarrollo y un final. En efecto, *un guión literario contiene un argumento, es decir, la introducción externará una idea, una hipótesis o una propuesta que será justificada o revisada a través de un desarrollo; las conclusiones deberán dar cuenta de la postura final ante la idea inicial*. Todo buen cuento, cortometraje, novela u obra de teatro, por ejemplo, comienza con la exposición de un problema o conflicto, luego explicita cómo se desarrolla el conflicto y alcanza un clímax, y cómo éste llega a una desenlace.

Ahora cabe preguntar ¿cómo puede hacerse una estructura de este tipo sólo con enunciaciones nominativas o explicativas? ¿Cómo puede establecerse, a partir de *purus datos*, una introducción, un desarrollo y un final, es decir, una estructura que provoque la generación de un pensamiento lógico, *causal*, que permita adquirir *sentido*? Con puras descripciones y explicaciones no podrá hacerse una estructura de causa-efecto como la que se describió a lo largo de una buena parte de esta tesis⁵⁷. No hay un comienzo ni un final hilado, coherente, para el torrente de información que el lector está a punto de recibir.

A final de cuentas la pregunta medular es, ¿se puede escribir un guión literario a partir de enunciaciones nominativas y descriptivas? ¡Claro que no!

Ya hemos visto que la única manera de lograr la interacción es provocar, con el objeto de comunicación, un proceso cognitivo en el espectador, y que éste puede evidenciarse en la medida en que el lector pueda emitir sus propias valoraciones. Por lo tanto, el primer paso para garantizar que exista un argumento, o sea, un objeto de comunicación interactivo, es *escribir un guión literario*.

Esto parece evidente, pero lo cierto es que en la práctica se omite este paso con mucha frecuencia. Se hace directamente un guión de contenido, uno técnico, o una suerte de story board. Como vimos, lo malo de no hacer un guión literario antes de todo lo demás es que no queda claro, primero, qué aspecto del tema a tratar va a constituir el concepto-guía de diseño, o sea, qué postura argumentativa se expresará en el texto, qué *idea* trataremos de reflejar en nuestro objeto de comunicación de la ciencia. Al brincaros el guión literario, al omitir el argumento, tampoco sabremos *cómo es que haremos que nuestro objeto será interactivo*. Por lo tanto, el guión literario debe escribirse para *cualquier* tipo de proyecto de comunicación de la ciencia.

2.4.6.3. A reconstruir significados.

Interactividad es sentido para el interlocutor

En vista de que la comunicación de la ciencia -en términos generales- asumió el reto de no sólo ser un simple informe de datos científicos, sino más bien constituirse como un generador de comprensión, de opinión informada e incluso, de una capacidad de juicio ante las propuestas de la ciencia -juicio que implica su aceptación, rechazo o cuestionamiento-, debiera demandar, en todo sentido, el uso de las facultades cognitivas de sus interlocutores. No invitarlos a *reconstruir* el significado de sus apreciaciones es contrario a lo que la comunicación de la ciencia contemporánea se comienza a plantear como *modus operandi*.

Limitantes

Ya he enunciado algunas limitantes en secciones anteriores⁵⁹, específicamente, en el recuento de las disciplinas que enriquecen el discurso de la comunicación de la ciencia. Ratificaré, solamente, algunos puntos importantes.

El tema de la interactividad siempre ha sido un punto espinoso. La interactividad que como visualizadores podemos proponer puede depender en gran parte del texto de origen -pues el texto visual puede surgir a partir de, por ejemplo, uno de tipo lingüístico- y del propio tema científico a tratar. Pero como vimos con profusión, hay algo mucho más importante a tomar en consideración: encontrar la cantidad de interactividad adecuada sólo se puede conocer si estamos al tanto de los instrumentos cognitivos de nuestro espectador -entre ellos, el desarrollo de su alfabetidad visual, su estructura previa de conocimientos y sus capacidades sensoriales-, y si descubrimos qué estimula su mundo, qué lo provoca, qué lo modifica, qué le ocasione un conflicto. Es decir, debemos conocer el contexto de nuestro interlocutor, su propio *discurso*. Sólo con este conocimiento podremos argumentar algo que pueda ser puesto a prueba por el lector. Así, nuestro discurso será juzgado con su discurso.

Los textos visuales tienen el problema de contener en sí mismos *potenciales* niveles de significación. El nivel final *sólo se establece con la participación del discurso del interlocutor*. Si el nivel de interacción es excesivo, se corre el riesgo de aumentar la cantidad de potenciales significados. Podemos, por ejemplo, manifestar ideas o concepciones que no queremos dar. Pero puede haber un resultado peor: perder toda relación entre lo que se intenta exponer sobre ciencia, el texto visual y los referentes del espectador para poder interpretarla, y entonces *no significar algo concreto*.

En conclusión. Características de la metodología para evaluar el nivel de interactividad de un texto visual para comunicar ciencia

Los textos visuales para la comunicación de la ciencia no sólo debieran demandar ser vistos -que dicho sea de paso, es lo mínimo que podemos hacer con ellos. Incluso deberían ir más allá de una simple invitación a los espectadores para emitir juicios de valor superficiales. Recordemos que los visuales, al igual que los textos escritos, pueden ser analizados, reconstruidos y reinventados por quien los *aprecia* -entendida la palabra en todo su sentido.

El significado final que el espectador otorgue a nuestro texto, de ser bien elaborado, debe ser similar al que nosotros como visualizadores queríamos. Recordemos que como comunicadores visuales debemos establecer una estrategia, pues tenemos una *intencionalidad*. Para el caso de la comunicación de la ciencia, nuestra intención es provocar a

la gente con respecto a la ciencia: cómo la aprecia, cómo la concibe, cómo la entiende.

Resumiré todo lo expresado en esta sección -2.3.5.6. *Demanda e interactividad*- para describir la metodología propuesta para evaluar el nivel de interactividad de un texto visual para comunicar ciencia. Esta metodología contempla:

- a) De ser posible, identificar qué tipo de función cumple el texto visual: de anzuelo, como referente, onírica, de mediación intersemiótica o interactiva.
- b) Realizar un recuento del número de *acciones* que el usuario/lector debe ejecutar ante el objeto de comunicación; analizar la *demanda cognitiva que ejecutar estas acciones implica* sobre el usuario/lector.
- c) Encontrar si existen *pistas y reglas* de interpretación en el texto visual. Encontrar si existe la posibilidad de construir *estrategias* personales para realizar *hallazgos*, es decir, para otorgar sentido al texto visual.
- d) Evaluar los tipos de *juicios valorativos* que el lector pueda ejercer ante el texto visual de comunicación de la ciencia y,
- e) Determinar qué *tipo de enunciaciones* predominan en el texto visual.

Con algunos textos visuales ejemplificaré en la siguiente sección cómo, a partir de las reflexiones anteriores y de la metodología obtenida, se pueden analizar y crear textos visuales para comunicar ciencia, sea cual sea el medio a través del cual sean materializados. Demostraré que la tendencia a privilegiar un medio sobre otro para crear propuestas interactivas está fundamentada en prejuicio, y por lo tanto no tiene justificación. Afirmando que cualquier texto visual hecho en un medio puede ser interactivo.

2.4.7. Análisis y creación de algunos textos visuales para comunicar ciencia: su potencial interactivo

Imágenes para el artículo “El lado oscuro del Universo” de Sergio de Régules. Revista *¿Cómo ves?* no. 58”

(*Tinta china sobre cartulina ilustración*)

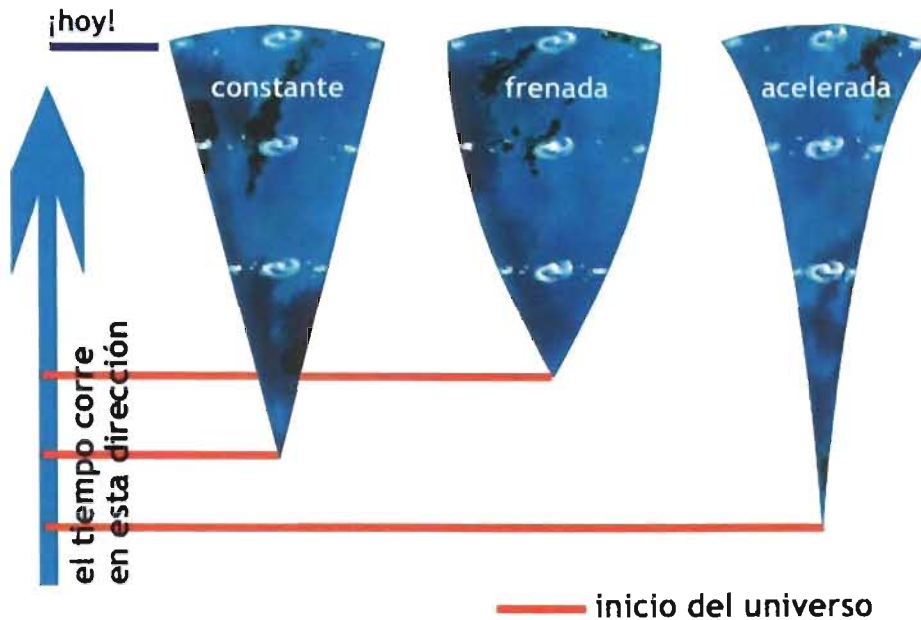
Estas ilustraciones no fueron hechas con intención interactiva. Los esquemas e infografías del artículo se elaboraron después de que se escogieron, de antemano, unas imágenes que explicaban lo mismo en los mismos términos, en otras fuentes bibliográficas. Lo único que se tuvo que hacer es cambiar el estilo de las imágenes.

La expansión cósmica: Imagen de mediación intersemiótica

Los pasos a seguir para interpretar esta imagen ya están establecidos por sí misma. No deben deducirse, no son necesarias las pistas. La composición de la imagen pide, sin embargo, cierto esfuerzo interpretativo, pues no queda muy claro que la comparación entre las tres representaciones de la aceleración del universo implica un cambio en la edad de éste y un destino muy distinto para cada uno.

Vemos que de no seguirse los pasos establecidos por la propia imagen, la interpretación no puede hacerse. Es decir, esta imagen tiene un orden de lectura específico. Sin embargo, no es muy evidente por dónde debiera comenzarse a leer. Entonces, debido a que el orden de lectura es único, sí debería contener un indicador de “por dónde comenzar a leer”. Estas indicaciones son muy importantes porque dentro del cuerpo del artículo es muy importante entender cómo funciona esta primera imagen, pues será el elemento que funcionará como

la expansión cósmica



isotopía, como pista, para interpretar algunas imágenes que le siguen –especialmente, la imagen que se denomina ‘el Big Rip’ –véase la imagen siguiente de este mismo artículo. Desafortunadamente no hay un indicador que especifique que esta forma de representación –”como una ‘V’”- escenifica la evolución de un universo, cómo está expandiéndose –y que por tanto, la deformación de la ‘V’ significa que hay distintos caminos en la evolución del universo. Si el lector no tiene tal referente –referente que debe construir con la interpretación unívoca de esta imagen-, dudo que pueda extender la pista -esto es, encontrar la redundancia- a otras imágenes. Con esto queda claro que las pistas deben ser muy evidentes y obvias en su significado o función para que puedan ser aplicadas a otras situaciones⁶⁰. Por eso afirmo que, si esta imagen funciona como isotopía, debería tener más indicadores de cómo funciona⁶¹. A lo mejor, incluso, se pudo haber puesto una suerte de instrucción de cómo interpretar ese tipo de esquemas antes de presentar éste, ya en uso.

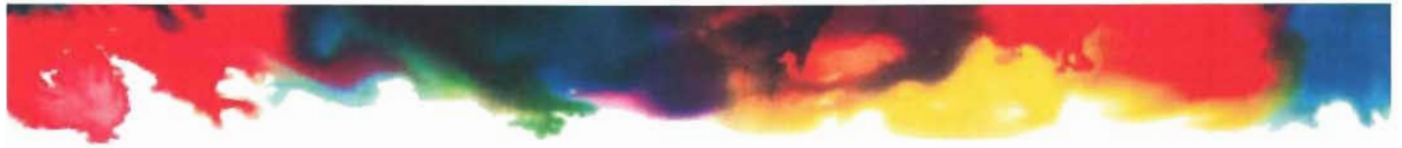
Con esta imagen se puede llegar hasta el nivel de análisis: lo máximo que demanda es que se comprenda la información científica que explica. Las acciones a ejecutar son ver, leer, comprender y posiblemente, analizar. El juicio de valor que podemos hacer, cuando mucho, es ‘entiendo-no entiendo’.

Algo positivo de la imagen es que resulta agradable descubrir que, dependiendo de cómo vaya expandiéndose el universo, podemos ver que edad tiene y su posible futuro. La cuestión es que esto depende de que uno pueda interpretar la imagen. Sólo así se puede disfrutar de las implicaciones de cada uno de los tipos de expansión del universo. El control puntilloso que ejerce la imagen en su interpretación hace que se pueda, quizá, conseguir un *hallazgo*.

Debido a que esta imagen no dice más sobre las consecuencias de cada tipo de expansión en el destino del universo, no constituye ninguna clase de argumento. Nada más explica.

Cenefa: Imagen de ornato

Esta imagen sirvió como cenefa para adornar el artículo. No tiene relación alguna con el texto escrito, sólo es congruente con la estética general del artículo. No es necesario hacer algo



en particular, únicamente hay que verla: la acción que esta imagen demanda es física. Las imágenes de ornato no fueron creadas con ningún criterio interactivo, ni intención explícita de generar interactividad. No tiene que ser interpretada a un nivel profundo. Basta con que agrade o no agrade. El juicio que se puede hacer al respecto es superficial, pero no por ello deja de cumplir una función estética importante.

El Big Rip: imagen onírica

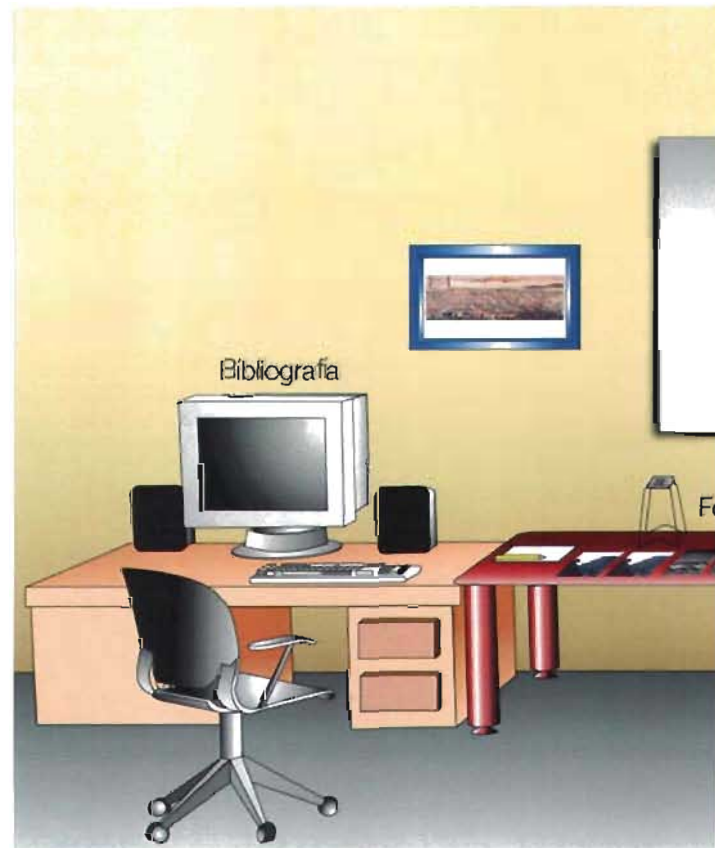
Véase en la página siguiente. Esta es la representación aterradora de un universo que se expande tan rápido y aceleradamente, que literalmente 'se desgarrá', se desintegra a sus componentes mínimos.

La imagen guarda estrecha relación con el texto y la información científica. Su nivel de interacción es medio: se puede ver, analizar y entender, pero sólo se entenderá en tanto el lector haya podido entender la imagen que representa las tres posibles expansiones del universo, aquella imagen de mediación intersemiótica que funcionaría como pista, como isotopía -'La expansión cósmica'. Sólo así se dará cuenta que este universo-monstruo también tiene forma de 'V' y que su deformación corresponde a un universo que no

sólo se expande, sino que lo hace de manera acelerada. Se tiene la posibilidad de hacer un hallazgo en tanto se haya entendido la pista que proporcionaba la imagen de mediación intersemiótica 'La expansión cósmica': el dibujo personifica un universo que se desgarrá, pero para decodificarlo hay que saber, primero, que los universos se representan así: que el tiempo corre de la base del dibujo para arriba, y que entonces el universo comenzó con un punto y terminará "desgarrado". Como podemos ver, la estrategia sólo podrá comenzarse a establecer en la medida que se haya entendido, primero, a la pista -el modo de 'leer' un universo en expansión. El hallazgo está en descubrir que un universo acelerado implica una opción aterradora del destino del universo ya que éste termina literalmente desintegrado.

El juicio de valor máximo es 'entiendo-no entiendo'.

Multimedia para la exposición itinerante *En busca de Teotihuacan*, "El estudio de un arqueólogo".



Museo del Desierto, Coahuila y Universum, Museo de las Ciencias, UNAM. 2002.

(Ilustración digital).

Trabajo de equipo del departamento de Multimedia, DGDC/UNAM)

A pesar de que se tiene la idea de que un multimedia es interactivo por naturaleza, es posible demostrar que la interactividad no tiene tanto que ver con la posibilidad de ejercer una acción motriz sobre el medio, sino con la oferta cognitiva del texto visual.

La acción motriz en este multimedia puede realizarse a través de un *touch screen* o pantalla de toque. Así, se puede mover uno hacia la izquierda o hacia la derecha del un escenario, a saber, la representación del estudio de un arqueólogo. Dentro del estudio hay documentos propios a la investigación de un arqueólogo. En el escenario hay enlaces a hipertextos de naturaleza lingüística, visual y audiovisual: textos, fotografías, videos, mapas, *libros*, etc. Al tocar cada uno de los muebles u objetos del estudio -los libreros, la computadora, la televisión-, se puede tener acceso a los documentos.

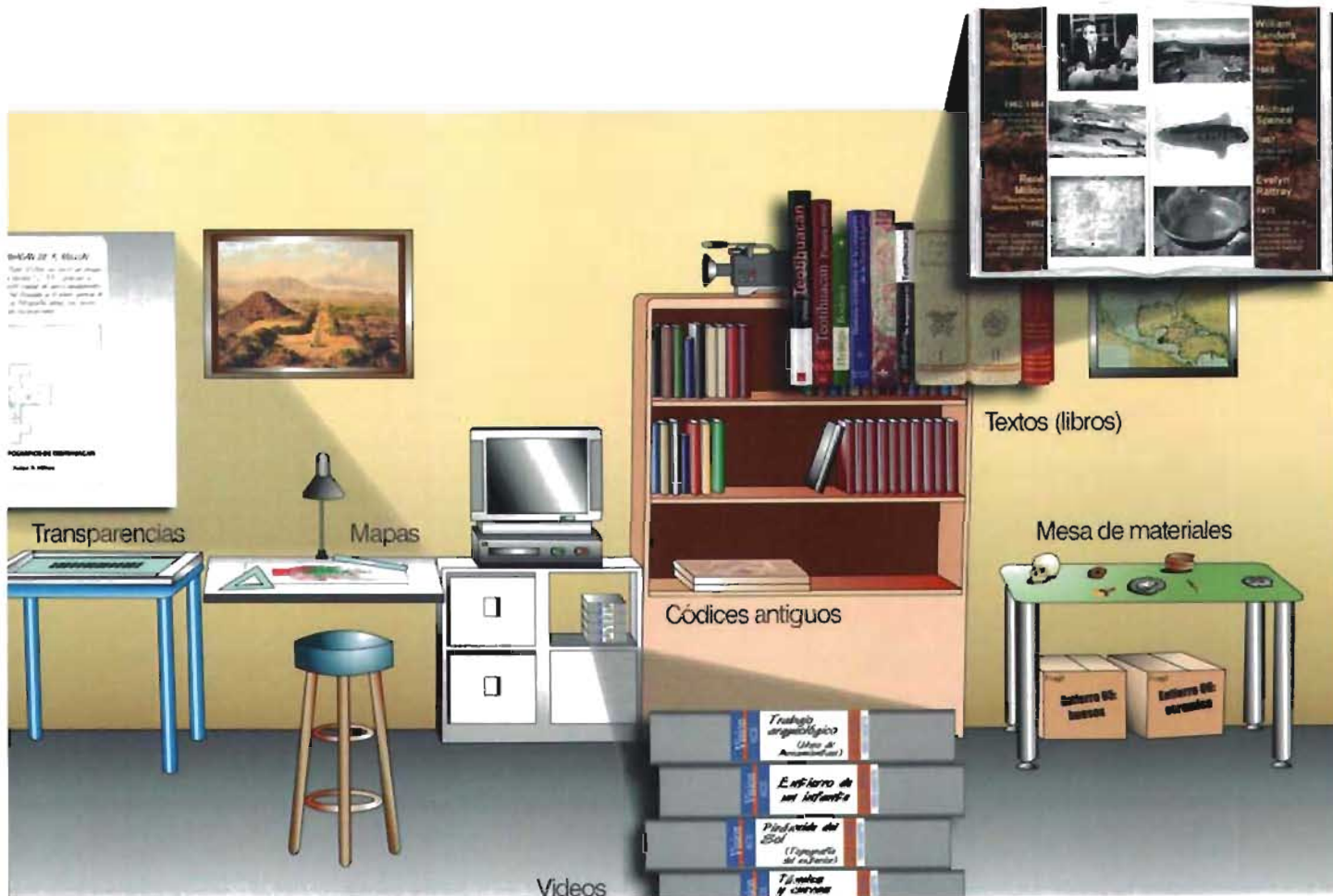
Sin embargo, hay un problema: no importa si primero

se avanza a la izquierda o a la derecha; tampoco importa si se selecciona primero el video, el librero o las diapositiva: porque, finalmente, *no pasa nada*. Es decir, no se requiere de ninguna estrategia, y por lo tanto, no se necesitan pistas que no sean aquellas que guíen la interacción motriz antes de descrita –pistas que constituyen los botones de navegación.

Lo que pide este multimedia a su usuario es se manipulado físicamente, visto y leído. En ese sentido, sólo tiene como utilidad dar a conocer algo al lector, que éste sepa que existen ciertos recursos propios del trabajo de arqueólogo –aunque el usuario no sabrá jamás cómo o por qué el arqueólogo utiliza esos recursos: todo lo expuesto son datos inconexos. Si se analiza, este interactivo está hecho: partir de enunciaciones *nominativas*. No hay un orden lógico o causal, y por eso no importa si se comienza en uno u otro lado. Es evidente que todos los datos están ‘desconectados lógicamente o causalmente entre sí.

Debido a que este multimedia no demanda más de usuario, se puede concluir que su nivel de interactividad es bajísimo –y si se considera el parámetro de Manuel Gándara el nivel es nulo: no hay interactividad. No hay necesidad de ejercer acción cognitiva alguna.

El único juicio que el destinatario puede hacer de



este multimedia es en el nivel superficial de lo ‘bello-feo’. No necesita ejercer el juicio de ‘entiendo-no entiendo’ porque no hay nada que entender, pues no hay ninguna afirmación o argumento debido a que *no se realizó un guión literario para especificar qué es lo que se quiso afirmar sobre el trabajo de un arqueólogo: ¿se desea representar la manera en que un arqueólogo trabaja? ¿Cuál de todos los pasos que debe realizar es más importante?, ¿por qué? ¿Qué define elegir el sitio para una excavación? ¿A cuáles problemas se enfrenta un arqueólogo para conseguir todos estos recursos? Estos son algunos ejemplos de preguntas que nunca se hicieron, o nunca se contestaron en un guión literario.*

Todavía menos se puede llegar al nivel de escoger entre un ‘estoy de acuerdo-no estoy de acuerdo’. Y sin argumentación ni afirmación implícita, tampoco hay hallazgo. No hay nada que descubrir.

Hay un detalle que debe ser mencionado: en efecto, dentro del multimedia está la representación *literal* de un librero. Si uno selecciona el mueble, aparecen, literalmente, *libros* –con hojas, con cambios de página, con fotografías y con gran cantidad de texto.

En estas condiciones el multimedia como medio-recurso es un desperdicio. No tiene caso que se hubiera hecho un multimedia si lo que finalmente se pone en éste es una serie de documentos, entre ellos libros, que no necesitarán de ninguna función cognitiva⁶², y que pueden ser mejor aprovechados en otro medio: sí, *el libro es un mejor medio para el libro*⁶³.

Imagen para el texto “Salvados por la enormidad” de Jorge Wagensberg. Revista *¿Cómo ves?* no. 62⁶⁴ (*Tinta china e ilustración digital*)

En este caso, la imagen fue creada con toda intención interactiva, y se podrá apreciar que los medios que se consideran menos interactivos porque no tienen botones, palancas o monitores tienen tanto potencial interactivo como los que sí los tienen. Una ilustración, por ejemplo, puede ser más interactiva que un multimedia.

Se estudiaron primero las preferencias y nivel de lectura visual de los preparatorianos -pues la revista tiene como público principal a éstos. Con base en esto, se estableció la estética y el estilo. De esta manera, la imagen funciona como elemento de anzuelo: intenta captar la atención. En este aspecto, no hay nada nuevo. Pero hay más...

Primero, el escrito original de Jorge Wagensberg constituyó el guión literario, debido a que ya existe una

argumentación en él. Léase el escrito –en el apéndice 6- para que quede claro el argumento y lo que viene a continuación.

La imagen no presenta un orden específico entre los cuadros, es decir, se vale tomar cualquier punto de inicio para encontrar un significado coherente. Se da preferencia, sin embargo, al orden de lectura convencional en nuestra cultura: de arriba abajo y de izquierda a derecha. De cualquier manera, si no se empieza por ahí, esto no representa un problema grave a la interpretación. La pista, el elemento redundante principal, son los *números*. Acto seguido, los números tienen relación evidente con el personaje: éste los observa, los manipula, los representa, están en el planeta de números. El encuadre en cada ilustración de este cómic sin texto escrito enfoca, aproxima y refuerza la pista: los números.

Si se observa la oposición entre dos cuadros, o sea, la imagen superior en relación con la inferior, o la de la izquierda en relación con la derecha, se advierten oposiciones *conceptuales*:

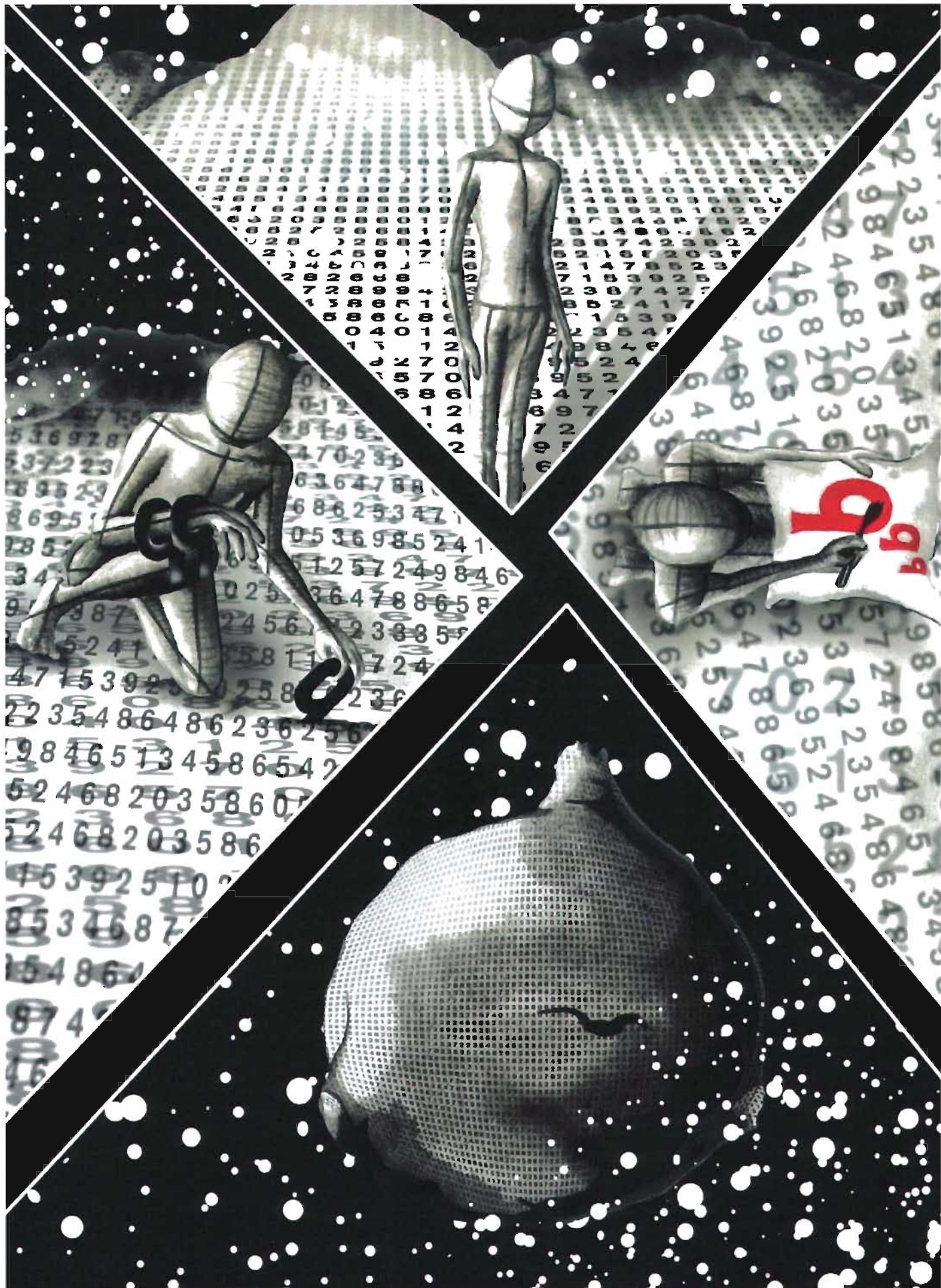
-El cuadro de arriba representa un pequeño espacio de terreno visible en el cual está parado el personaje; el inferior, en cambio, es el mundo completo. El de arriba sólo contiene lo que está al alcance del personaje. El de abajo contiene todas las posibilidades, es un mundo de posibilidades.

- El cuadro de la izquierda encarna lo que el personaje toma del mundo; el de la derecha, lo que representa de su elección. El de la izquierda representa lo que el personaje puede ver, comprender y asimilar. El de la derecha es cómo representa, escenifica lo que ha tomado de las posibilidades que le rodean.

Con el orden abierto de los cuadros, las pistas numéricas y las oposiciones conceptuales se invita a que el interlocutor establezca una *estrategia* de lectura. Demanda una acción cognitiva para poder adquirir significado, sentido. La imagen establece preguntas: ¿qué quiere decir?, ¿qué me pide descubrir?

El significado final que se intenta dar a la imagen se asemeja mucho al texto -pues recordemos que la comunicación de la ciencia, tanto visual como escrita, debe ser fiel a la información científica, o sea, tiene una intencionalidad: si se lee el texto se comprenderá la imagen. Sin embargo, la intención al crearla fue que, *aunque la gente no leyera el texto, pudiera entender la idea principal de éste mediante la imagen*, es decir, fue creada para ser *potencialmente* autosuficiente. Como enuncié, probablemente no todos los lectores ejercerán todos los niveles de juicio ofrecidos, pero el asunto está en que la posibilidad de ejercer estos niveles sea, en efecto, ofrecida por el texto visual.

El nivel de interactividad es alto: no sólo se puede



ver o entender. Se puede reorganizar y reconstruir en varias maneras para otorgarle significado. Las soluciones son múltiples, pero se intenta que el significado final sea similar en cada solución. Aun así, no importa que la interpretación final sea distinta a lo esperado. La intención principal no es instruir a alguien a través de la imagen, sino llamar su atención, hacerle preguntas, darle una batuta con la que pueda ejercer la razón. El hallazgo final es muy profundo, pues el argumento o afirmación del texto de origen ya lo es.

El juicio que el lector puede hacer de ella abarca los rangos de 'bello-feo', 'entiendo-no entiendo', 'estoy de acuerdo-no estoy de acuerdo', y en algunos casos, 'propongo'.

Notas:

1 Presentado en el XII Congreso de Divulgación de la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica, SOMEDICYT, 2004.

2 Para saber más sobre el estudio mencionado se puede acudir a: www.pisa.oecd.org; la versión interactiva presenta los resultados por tópico, y es de lo más reveladora. Otra fuente de información al respecto es la encuesta Nacional de Juventud 2000, del Instituto Mexicano de la Juventud y la SEP. Para consultar el resumen, acudir a www.imjuventud.gob.mx

3 Si bien los estudios mencionados confirman la preferencia de la población por los medios audiovisuales sobre los escritos, no incluyen ninguna evidencia sobre su capacidad de interpretación visual ni de su capacidad de comunicar a través de ellos, es decir, no dan cuenta de la alfabetidad visual de los individuos.

4 Me refiero a estas afirmaciones como preconcepciones o prejuicios no porque estén en lo correcto o no, sino porque se hacen sin saber por qué o si se han verificado.

5 Sartori, Giovanni. *Homo videns: la sociedad teledirigida*. Ed. Taurus. 2001 (2a. ed.)

6 Marshall McLuhan ya lo había explicado en su libro *La comprensión de los medios como las extensiones del hombre* (Ed. Diana. México, 1975. Pp. 25-104): el sentido o miembro corporal que es extendido a través de cierto medio de comunicación puede verse sometido a una "amputación", a una atrofia por una sobrecarga incoherente, inconexa, de su propia función.

7 Es decir, para interpretarlos, crearlos y ponerlos en marcha, para integrarlos a una *ideología*, a un esquema conceptual, a una representación propia del mundo.

8 Vuelvo a afirmar: un comunicador visual no sólo debe conocer las potencialidades de su texto, sino también sus límites. Más adelante veremos cuáles son.

9 Retomaremos lo que estas investigaciones exponen por dos motivos:

- Recordemos que la diferencia entre enseñanza y comunicación de la ciencia está en los objetivos, no en los procesos de cognición necesarios para lograr estos objetivos. Cuando los objetivos de la enseñanza dirijan las investigaciones se hará un paréntesis para aclarar hasta dónde los resultados de estas pesquisas pueden ser útiles a los objetivos de la comunicación de la ciencia.

- No hay estudios concluyentes similares enfocados a la comunicación de la ciencia debido a que el problema está en la evaluación de sus resultados: con la comunicación de la ciencia no se pretende enseñar algo a alguien, ni sentar las bases necesarias para la formación profesional cumpliendo con un currículum preciso de enseñanza. Es decir, los pedagogos si tienen bien claro qué tanto debe saber un individuo para poder acceder al paso siguiente, y esta claridad permite controlar los rangos y pertinencias de sus investigaciones. En la comunicación de la ciencia no hay tal cosa.

Debido a la diferencia de objetivos, en las evaluaciones de comunicación de la ciencia no sirven las preguntas que se hacen en las investigaciones sobre enseñanza formal –del tipo "¿Qué es un átomo?" o, "Describe el ciclo del agua".

Por si fuera poco, hay una diferencia más: algunos resultados de la enseñanza formal pueden verse en un período preciso de tiempo. Los de la comunicación de la ciencia se ven a largo plazo –no muy preciso- y en múltiples expresiones.

Hay estudios que hacen reflexiones que dirigirán el planteamiento de incipientes investigaciones en comunicación de la ciencia, pero por el momento sólo constituyen bases, indicios de por dónde habrían de seguir las pesquisas.

10 J. Levin expone que hay cinco funciones de las ilustraciones que acompañan al texto escrito en la enseñanza de las ciencias: a) decoración: que ayudan al lector a disfrutar el discurso al hacerlo más atractivo, b) representación: ilustraciones que ayudan al lector a visualizar un evento, persona lugar o cosa particular, c) transformación: ilustraciones que ayudan al lector a recordar información clave en un texto escrito, d) organización: ilustraciones que ayudan a organizar la información en una estructura coherente y, 5) interpretación: ilustraciones que ayudan al lector a entender el texto escrito. Todas las funciones enunciadas se refieren a ilustraciones que apoyan al texto escrito. Levin, J. R. (et. al.) "On empirically validating functions of pictures in prose", en Willows, D.M. y Houghton, H. A. (ed.) *The psychology of illustration: vol. 1, basic research*. Springer-Verlag. Estados Unidos, 1987. Págs. 51-85. También véase en 2.4.6. *Demanda e interactividad* las funciones semánticas de las imágenes en el discurso de la divulgación de la ciencia que exponemos.

11 Berdichevsky, Aline. *El papel de la imagen en la enseñanza-aprendizaje de la biología. Análisis de las ilustraciones de célula en los textos oficiales de secundaria*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, 2005.

12 Un vistazo a las funciones de Levin enunciadas en la nota a pie 10 nos permite visualizar este problema. En otro caso, la lingüista Lourdes Berruecos hizo una clasificación en su tesis doctoral, a partir de una clasificación de Michel Tardy -en *Per una didattica dell'immagine*, 1974- que caracterizaba la existencia de ciertas funciones semánticas de los textos visuales en la comunicación de la ciencia, pero como observaremos más adelante, no hay una sola clasificación en la que quede manifiesto que el texto visual haya sido considerado como texto independiente, capaz de portar contenido a través de estrategias comunicativas propias.

13 Lourdes, Pérez de Eulate (et. al.). «Las imágenes de digestión y excreción en los textos de primaria». *Enseñanza de las ciencias*. Vol. 17, no. 2, 1999. Pág. 166.

14 Lourdes, Pérez de Eulate (et. al.). *Ibid.*

15 Véase 2.3.1. *La literatura*.

- 16 El análisis de esta simbiosis de textos –simbiosis materializada en la secuenciación y la temporalidad de los medios audiovisuales- se encuentra en Vilches, Lorenzo. 1984: 72-93. Buenos ejemplos de documentales de este tipo son *Caminando con cavemicolas* y *Planeta agua*, de la BBC de Londres y el Discovery Channel.
- 17 Lourdes, Pérez de Eulate (et. al.) Op. cit.
- 18 Específicamente:
- Perales, F. Javier y Juan de Dios Jiménez, «Las ilustraciones en la enseñanza aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto». *Enseñanza de las ciencias*. Vol. 20, no. 3, 2002. Págs. 369-386.
 - Glenberg, Arthur M. y William E. Langston, «Comprehension of illustrated text: pictures help to build mental models». *Journal of memory and language*. Vol. 31, 1992. Págs. 129-151.
 - Mayer, Richard E. y Valerie K. Sims, "For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning". *Journal of Educational Psychology*. Vol. 86, no. 3, 1994. Págs. 389-401.
 - Mayer, Richard E. (et. al.), "When less is more: meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons". *Journal of Educational Psychology*. Vol. 88, no. 1, 1996. Págs. 64-73.
 - Mayer, Richard E. y Joan K. Gallini, "When is an illustration worth ten thousand words". *Journal of Educational Psychology*. Vol. 82, no. 4, 1990. Págs. 715-726.
- 19 Ziman, John. 2000: 243.
- 20 Debo atribuir el origen de tan apropiado y sugerente título, así como del ejemplo galileano, al físico y divulgador de la ciencia Sergio de Régules, quien tiene un libro muy agradable y apropiado para leerse junta a la alberca llamado, ni más ni menos, *Las orejas de Saturno*. Colección Croma, no. 9. Ed. Paidós. 2003.
- 21 No intento decir que se no puedan construir modelos mentales a partir de tales inferencias –es decir, sin que medie la observación o la experiencia sensorial-, pero el sujeto que genere tal modelo debe tener, previamente, alguna manera de correlacionar los elementos de esas inferencias, algún precedente que justifique la viabilidad de esta correlación. La geometría, por ejemplo, es un cuerpo de modelos mentales totalmente producido por la razón. El único sitio en el cual podremos experimentar un triángulo perfecto está sólo en la razón, y aunque no podamos experimentarlo sensiblemente, conocemos su esencia, tenemos su modelo. Podemos afirmar, entonces, que los modelos mentales no salen de la nada.
- 22 O el de bolillo. A lo mejor, si Galileo hubiera sido mexicano, no hubiera interpretado orejas, sino un bolillo. Me pregunto cómo hubiera podido generar un modelo explicativo a partir del modelo previo de bolillo, que dé cuenta del cambio de tamaño de las "chichitas" del bolillo celestial.
- 23 Glenberg, Arthur M. y William E. Langston, 1992: 129-151.
- 24 Glenberg, Arthur y William E. Langston. 1992:140.
- 25 Glenberg, Arthur y William E. Langston. 1992:149.
- 26 Característica específicamente benéfica en las imágenes estáticas, como las ilustraciones en revistas o en libros. Los problemas de la lectura simultánea son distintos en un cómic, un filme o un audiovisual, donde la secuencialidad y la temporalidad generadas a través de "imágenes que pasan" otorgan otras posibilidades –y restricciones- de su utilidad como medios visualizadores de contenidos. (Vilches, Lorenzo. Op. cit.). Sin embargo, los audiovisuales siguen manteniendo la visualización de las relaciones-causa efecto de manera más eficaz que el texto escrito u oral, porque se sirve de dos textos en correlación: el visual y el lingüístico (Mayer, Richard E. y Valerie K. Sims, 1994). De cualquier modo, tanto el audiovisual como el texto lingüístico, por su naturaleza eventual, no pueden ser "re-vistos" de manera sencilla, pues regresar a cierto punto de la información implica una búsqueda a lo largo de toda las páginas, o toda la película, o todas las diapositivas, o todo el programa televisivo, y realizar esto requiere del uso de más memoria –nuestra o externa- para recordar en qué parte de todo el desarrollo se encontraba lo que buscábamos, lo que deseábamos re-ver.
- 27 Esto es especialmente relevante en la comunicación de la ciencia, pues con frecuencia se piensa que los modelos científicos son la realidad, y no su representación.
- 28 Lourdes, Pérez de Eulate (et. al.) Op. cit.
- 29 Glenberg, Arthur y William E. Langston. 1992:130-132.
- 30 Glenberg, Arthur y William E. Langston. 1992:129.
- 31 Mayer, Richard E. (et. al.) 1996 : 65.
- 32 Pérez de Eulate, Lourdes (et. al.) 1999: 176.
- 33 Sacks, Oliver. *An anthropologist on Mars*, "To see and not to see". Vintage Books. Estados Unidos,1995. Págs. 108-152.
- 34 Mayer, Richard E. (et. al.) 1996: 69, 70.
- 35 Tufte, Edward. *Visual explanations*. Graphics Press. Estados Unidos, 1997. Pág. 73-78.
- 36 Mayer, Richard E. y Joan K. Gallini. 1990:716. Mayer, Richard E. (et. al.) 1996 :68. En el primer estudio se pide en este punto que sean evaluados el entendimiento y el razonamiento cualitativo de los estudiantes, pero sabemos que eso no es uno de los objetivos de la comunicación de ciencia.
- 37 Causa y efecto que no sólo tiene relación con la existencia de un texto escrito que guíe la secuencia de lectura, sino con la disposición espacial de los elementos del texto visual. Vilches, Lorenzo. Op. cit.
- 38 Glenberg, Arthur y William E. Langston. 1992:140.
- 39 Pérez de Eulate, Lourdes (et. al.) 1999: 167, 176.
- 40 Mayer, Richard E. (et. al.) 1996: 66.

41 Mayer, Richard E. (et. al.) 1996: 68.

42 Mayer, Richard E, y Valerie K. Sims. 1994: 400.

43 Pérez de Eulate, Lourdes (et. al.) 1999: 167.

44 Llamado por los autores 'noticing'. Glenberg, Arthur y William E. Langston. 1992:131.

45 Glenberg, Arthur y William E. Langston. Íbid.

46 Glenberg, Arthur y William E. Langston. 1992:132.

47 Glenberg, Arthur y William E. Langston. 1992:146.

48 A saber:

- Mayer, Richard E. y Valerie K. Sims, "For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning". *Journal of Educational Psychology*. Vol. 86, no. 3, 1994. Págs. 389-401.

- Mayer, Richard E. (et. al.), "When less is more: meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons". *Journal of Educational Psychology*. Vol. 88, no. 1, 1996. Págs. 64-73.

- Mayer, Richard E. y Joan K. Gallini, "When is an illustration worth ten thousand words". *Journal of Educational Psychology*. Vol. 82, no. 4, 1990. Págs. 715-726.

49 Lourdes Berruecos realizó este análisis dentro del estudio para presentar la tesis de doctorado en lingüística. Los antecedentes de ésta pueden encontrarse en: Berruecos, Ma. de Lourdes, "El otro en el discurso de comunicación científica" en *Antología, 10ª. encuentro nacional de profesores de lenguas extranjeras*, CELE-UNAM. México, 1999. Pp. 105-114. También es útil consultar, de la misma autora, "Las dos caras de la ciencia: representaciones sociales en el discurso", en *Discurso y Sociedad, decir de la ciencia: Las prácticas divulgativas en el punto de mira*, vol. 2, núm. 2. Gedisa Editorial. España. Pp. 105-130. El trabajo sobre las funciones semánticas de los paratextos puede ser encontrado en el conjunto de lecturas que esta misma lingüista preparó para el Diplomado en Divulgación de la Ciencia de la DGDC/UNAM (op. cit.).

50 Berdichevsky, Aline. Op.cit.

51 Función que no implica la inutilidad o invalidez de las otras. En efecto, cada una cumple con una función necesaria.

52 Bloom, Benjamin. *Taxonomía de los objetivos de la educación*. Ed. Ateneo. Argentina, 1981. 355 págs.

53 Gándara, Manuel. *Memorias del Congreso Latinoamericano de Multimedios Universitarios, CLAMU 2003*. UNAM/UPN. Conferencia magistral.

54 Esta manera de catalogar enunciados, y de evaluar el guión literario surgió a partir del estudio que hice sobre el trabajo de algunos lingüistas: de la propia Lourdes Berruecos, por un lado y de John Austin, por otro, quien en 1950 escribió un texto intitulado "Truth", en *Proceedings of the Aristotelian Society*, supl. Vol. XXIV, 1950. Págs. 111-128. En este artículo Austin propone que hay dos formas en que funcionan las palabras, y que dependiendo de su manera de existir pueden ser juzgadas como verdaderas o falsas: una forma de existencia es constituyendo oraciones, siendo éstas descripciones de situaciones, cosas o eventos. Son clases de fenómenos, objetos sintácticos que no pueden ser valorados como verdaderos o falsos. *Ni palabras aisladas, ni descripciones pueden ser juzgadas, en tanto no sean sometidas a un contexto conocable*. Así, surge otra forma de existencia de estas palabras: constituyendo enunciados, siendo éstos demostraciones de situaciones históricas, contextualizadas, es decir, puestas en un uso específico. Son cuerpos semánticos, que sí pueden ser valorados como verdaderos o falsos, pues refieren a un algo contextualizador, a un momento histórico. Puede verse así que no es lo mismo una oración que un enunciado, y que no es lo mismo construir un guión literario con oraciones, que hacerlo con enunciados –utilizando los términos de Austin.

55 Hace tiempo propuse que existe un tipo de comunicación de la ciencia que denominé "Divulgación 'Cho Gusto'": ¿qué puede decir uno de oraciones como 'el nopal pertenece a la familia de las cactáceas'? Ni más ni menos que "'cho gusto...". No provoca nada más. Cuando predominan este tipo de oraciones en un objeto de comunicación de la ciencia, se vuelve un producto de divulgación "'Cho Gusto".

56 Si no se hizo un guión literario puede analizarse, de todas maneras, al texto que comunicará ciencia. Si nos damos cuenta de que no puede escribirse o encontrarse un guión literario para este texto, es decir, un argumento, entonces está casi con seguridad conformado por enunciaciones nominativas o explicativas. Será el propio texto, en sí, una nominación o una explicación. Durante el contenido del siguiente apartado veremos por qué afirmo esto.

57 Véase especialmente 2.3.3. *La pedagogía*.

58 Sobre todo en aquéllas donde se mencionan los límites de la capacidad de memoria de los individuos, de sus modos de asimilar la información y de apropiarse de ésta. Véase específicamente 2.3.2. *La psicología* y 2.3.3. *La pedagogía*.

59 Para ver el artículo como fue publicado véase apéndice 5. La imagen de la expansión cósmica es ligeramente distinta a la presentada aquí.

60 Recuérdense las características de las 'permisibilidades' y las 'restricciones' de Norman. Véase 2.3.2.2. *La teoría cognitiva de Norman*.

61 Puede argumentarse que, debido a que las imágenes están insertas en un texto escrito, no tienen responsabilidad total para determinar su interpretación. La cuestión aquí, con esta imagen en particular, es que tampoco se explica a lo largo del texto escrito cómo se lee esta imagen. Por eso su única interpretación se ve en peligro. La interpretación a la que debe llegar cualquier lector debe ser idéntica, única a la de otro lector, porque si no, la imagen no está funcionando como una mediación intersemiótica, es decir, no estará cumpliendo su función dentro del artículo: explicar algo sin lo que el texto escrito no quedaría claro o completo.

62 No porque el libro como medio no sea potencialmente interactivo en el sentido que hemos considerado la interacción, sino porque estos libros -los del multimedia- no son interactivos.

63 Si algún visitante tiene la paciencia de leer un libro en un multimedia, en una pantalla, tendrá que hacerlo rápidamente, antes de que el programa se reinicie, que la pantalla de seguridad se active o que otro usuario llegue a formarse para usar el artefacto.

64 Véase el artículo en el apéndice 6.



Ya abordamos tres de las cuatro responsabilidades del comunicador de ciencia. Vimos que la cuestión del texto y el medio está resuelta para los comunicadores visuales; vimos cómo un panorama general de ciencia puede ayudarnos a justificar y crear textos visuales para comunicar ciencia. También dimos un recuento de qué es la comunicación de la ciencia, cuáles son sus objetivos y cómo ha sido enriquecida por otras disciplinas. Nos queda una última, que tiene que ver con cómo se conceptualiza a la ciencia.

Al ser ésta una tesis que habla de comunicación de la ciencia, debiera explicar qué es la ciencia. El lector puede increparme que debí dar la definición desde el principio. Pero hay una excusa a por qué la definición está hasta el final: no hay nada más difícil que definir qué es la ciencia. Confío en que las secciones anteriores hayan dado un esbozo que sirva para entender esta última parte. Intenté delinear algunas características de la ciencia a lo largo de las secciones precedentes para que, una vez llegado hasta este punto, el lector de esta tesis no se encuentre desconcertado ante la información que está por leer.

2.5. Cuarta responsabilidad: la imagen de la ciencia como concepto

Detrás de toda comunicación de la ciencia hay una postura filosófica

Encontrar la definición de ciencia ha sido un trabajo que los filósofos han hecho desde el siglo XVII. Todavía se sigue intentado definir *qué es la ciencia*. El asunto todavía no queda resuelto, pues tiene que ver con cómo se *justifica* a la ciencia: ¿qué es conocimiento científico, qué lo caracteriza, qué delimita la distinción entre lo que se considera científico y lo que no lo es?, ¿qué relación tiene la ciencia con respecto a la verdad, al mundo, a la realidad? ¿Cuál es su lugar frente a otras representaciones del mundo: es mejor, es más conveniente, o por el contrario, es un *constructo* que sirve para destruir la imaginación y el pensamiento místico? ¿Cómo influye el científico, su mundo y el entorno en general en la creación de conocimiento científico?

Como intentamos ser comunicadores de la ciencia, y no filósofos, no nos corresponde responder a estas preguntas, pero sí es nuestra obligación *saber por dónde van las respuestas*. Sólo así podremos ser conscientes, primero, de cómo conceptualizamos la ciencia como individuos, como personas que imaginan la ciencia, y segundo, cómo la conceptualizamos durante el proceso de comunicación, es decir, qué decimos de ella como comunicadores.

Puede decirse que la cultura general que debe tener un comunicador de ciencia no sólo sirve para enriquecer los datos científicos o los temas que la comunicación de ciencia trate. También hace que el comunicador de la ciencia escoja cuál idea de ciencia desea representar: ¿retratar la ciencia como conocimientos de facto cerrados, terminados, indiscutibles (aquéllas a las que Bruno Latour en su *Science*

in action llama “cajas negras”) resultado de reflexiones objetivas, que necesariamente tienden hacia el progreso?, ¿o acaso decida describirla como un proceso humano, una construcción social, una representación más de la realidad, un paradigma susceptible de ser abolido?, y sobre todo ¿puede encontrarse un punto intermedio? El comunicador de ciencia debe preguntarse ante cada proyecto: *¿qué voy a decir sobre la ciencia?*

Se puede afirmar sin temor que cuando se comunica ciencia, paralelamente se refleja una manera de pensar en la ciencia. En ese sentido, *no hay comunicación de ciencia sin una filosofía de la ciencia anexa*, hagamos o no conciencia de ello como comunicadores¹. Por eso el comunicador de la ciencia debiera tener una visión profunda, menos dogmática e idealizada de la ciencia y su proceso. Debiera saber no sólo del ya tan mencionado “método científico” –que nos enseñan a todos en la escuela básica-, o cómo proceden los investigadores en sus pesquisas. También debe entender que éstos y otros argumentos -que describen a la ciencia como la única representación *verdadera* de la realidad- han sido rebatidos por la filosofía de la ciencia, la historia y otras disciplinas. Debe saber, por otro lado, que todas las idealizaciones negativas de la ciencia también resultan dañinas y caricaturescas. Al final, el comunicador de la ciencia debe controlar conscientemente la representación de la ciencia en su trabajo.

El hecho de que el comunicador de ciencia sea científico de formación no lo exime del prejuicio. *También* ellos creen que existe un método infalible para conocer la realidad, el ya mencionado método científico, que exige una observación objetiva con base en la experimentación. Afirman que el conocimiento científico es conocimiento probado, pues todas las teorías científicas provienen de los hechos de la experiencia observados sin prejuicio: a partir de un grupo numeroso de observaciones, puede concluirse inductivamente que el conocimiento obtenido así es verdadero. Por ello, los científicos consideran que la ciencia *es* verdadera por definición y superior a otras representaciones del mundo.

Suponen que para que puedan hacer bien su trabajo, necesitan olvidarse de todo lo exterior al quehacer científico²: la sociedad en donde viven, la economía, los puestos de autoridad de su comunidad científica o los dilemas éticos que su investigación puede generar, por mencionar algunos ejemplos.

Casi todos creen que Aristóteles, de plano, no era científico, y que Galileo sí lo era porque construía *experimentos* para demostrar sus hipótesis; por lo tanto, Galileo era muy superior a Aristóteles. Y ni duda hay: Newton los dejó a

todos atrás. Juzgan que, incluso, Newton fue vencido cuando Einstein apareció en la escena de la ciencia. Es decir, dan por sentado que la ciencia *progres*a, y que por ende, la ciencia que se hace ahora es mejor que la de antaño. Consideran que la ciencia es, en esencia, algo bueno que ha de fomentarse sin obstáculos para que podamos vivir mejor. Si algunos productos de la ciencia han sido perjudiciales para la sociedad, no es culpa de la ciencia, sino de cómo se usa lo que descubre o inventa. Se *inventan* los artefactos –que constituyen la tecnología-, y se *descubren* las explicaciones a fenómenos de la naturaleza que ya están ahí, en el mundo exterior. Las explicaciones sólo deben ser descubiertas. Es decir, creen firmemente que *a la naturaleza no se le inventa, se le descubre*³.

Pero no olvidemos que no sólo los científicos piensan así. Casi todos –incluidos los comunicadores visuales- pensamos que la ciencia tiene algo especial que la hace superior a lo demás, a ella y a sus métodos, y por eso le otorgamos un lugar selecto dentro de los argumentos posibles para autorizar algo. Por eso todo aquello que desee convencernos de su beneficio debe estar “científicamente comprobado”. Pocos sabemos, sin embargo, qué significa eso. Otros se van por el otro extremo, y afirman que la ciencia es un cuerpo de conocimientos que siempre nos ha metido en problemas, que es una especie de monstruo fuera de control al cual deberíamos aniquilar.

El problema es que semejantes concepciones de la ciencia ha provocado que se establezca un abismo entre el mundo científico y el cotidiano. No sólo se debe a que la ciencia ha formulado sus conceptos, teorías e inventos en un lenguaje críptico –casi siempre matemático- al cual sólo pueden comprenderle los iniciados. También se debe a que casi todos nos asumimos *incapaces de entender*: sólo los genios, los solitarios o los sabios enloquecidos tienen el potencial intelectual para enfrentar algo que el resto consideramos tan importante, tan intangible, tan poderoso. En efecto, nos consideramos menos racionales que los científicos, que deben ser, en contraposición, *muy racionales*.

Es tan abrumador el concepto que casi todos tenemos de ciencia, que no pensamos que tenga algo que ver con nuestros problemas cotidianos, tan mundanos y ordinarios en comparación. Y si advertimos que algunos inventos o desarrollos científicos afectan nuestra vida cotidiana, entonces preferimos dejar las decisiones que se tengan que tomar al respecto a otras personas, a aquéllos que sepan de qué hablan, a los *expertos, a las autoridades*. Quizá éstos últimos sí tengan mejor preparación intelectual que nosotros, ciudadanos de a pie.

Todos asumimos la superioridad de la ciencia no porque la hayamos comprendido y entonces estemos convencidos de su autoridad por ciertas razones. *Alguien* nos dijo que debemos

creerle. Los vuelos en el espacio y las computadoras caseras también nos dicen que debemos creer. Así, para casi todas las personas la ciencia es asumida como un *dogma de fe* –aunque la concepción que se tenga de ella sea negativa.

Ya algunos científicos se han percatado de que la ciencia necesita cambiar su imagen pública si es que pretende sobrevivir. Si bien la población la considera importante –aunque no le quede muy claro por qué–, no alcanza a comprender su trayectoria, y por ende la sociedad ha cesado de manifestar el apoyo directo y sin reservas a la ciencia. Los gobernantes afirman que si no hay productos concretos benéficos para la comunidad, no debiera autorizarse tal o cual investigación. Esto sólo manifiesta el desconocimiento de estos personajes: sin investigación básica –aquella que creemos que no sirve para nada– no hay ciencia aplicada ni productos tecnológicos. Cuando los científicos están haciendo sus pesquisas, la mayoría de las veces no saben para qué servirá, y *ni siquiera se les ocurre*: Einstein no hizo la teoría de la relatividad general para que en el futuro pudiéramos lanzar con precisión nuestros satélites ni para que consideremos los efectos de la velocidad en los vuelos interestelares.

Por si fuera poco, cada vez hay más movimientos anti-científicos que hacen responsable a la ciencia de todas las desgracias por las que nuestro planeta está pasando –aunque tampoco sepan con claridad cuáles son los problemas reales, cuáles de ellos son responsabilidad de la ciencia y cuáles *puede* solucionar: contaminación, exterminio de especies, armas de guerra, manipulación de los más desaventajados, pérdida de los estándares morales o éticos, y otros más.

Y es que, finalmente, la gente sufrió un *desencanto*. No es cierto que la ciencia proveyera de todo lo necesario para vivir mejor, como se prometió desde hace ya más de dos siglos, durante los antecedentes de aquella tan llevada y traída revolución científica del siglo XVII. La verdad es que la ciencia no ha hecho de éste un mundo más racional, ni más pacífico, ni más justo. En efecto, la ciencia no pudo hacerlo porque no tiene la estructura apropiada para hacerlo. Ningún quehacer o disciplina humana puede *por sí sola* arreglarlo todo.

La imagen de la ciencia que todavía tenemos es un espejismo. Y los espejismos llevan a continuos desencantos. La comunicación de la ciencia debería, por lo tanto, dejar de comunicar el espejismo, la imagen caricaturizada que tanto tiempo se ha tenido de la ciencia. De esta manera, quizá, podamos entender que se trata de un quehacer humano con validez y alcance limitado a sólo ciertos ámbitos de la vida humana: algunos problemas tienen mucho más trasfondo que el mero contexto científico. Por lo tanto, la ciencia no debería ser responsable de todo ello, ni debiera autorizarse para solucionar problemas que no podrá resolver.

La ciencia estudia los fenómenos de la naturaleza, pues intenta encontrar sus invariancias, las constantes en el entorno. Las disciplinas que enunciaré someramente no estudian a la naturaleza, sino a la ciencia que estudia a la naturaleza. Estas disciplinas consideran cómo se genera el conocimiento científico, analizan el origen de las teorías y de los supuestos científicos, a las comunidades científicas y dan cuenta de su aparición histórica. Un vistazo rápido permitirá entender cómo puede un comunicador visual comenzar a retratar en sus proyectos un concepto de ciencia más adecuado.

2.5.1. La filosofía de la ciencia

Durante el siglo XVII el filósofo francés Francis Bacon, junto con otros filósofos de su época, asumieron que la ciencia debería ser lo que comenzaba a ser: una consulta experimental a la naturaleza, y no una consulta a los escritos de Aristóteles⁴.

En esta época –en el siglo XVII– se comenzó a perfilar lo que conocemos hasta nuestros días como *ciencia*. Se consideraba que ésta se fundamentaba en procedimientos



inductivistas: cualquier afirmación que busque ser parte del conocimiento verdadero –científico- debe ser derivada a partir de la observación de la naturaleza mediante un examen libre de prejuicios, o sea, *objetivo*. El filósofo natural –como se le denominaba al personaje que luego conoceríamos como científico- no debe tomar en cuenta sus expectativas, ni sus emociones, opiniones o preferencias, ni debe hacer uso de una imaginación especulativa. A partir de estas observaciones desprejuiciadas se podrán hacer una serie de enunciados –llamados por su origen *observacionales*. Todo lo observado deberá ser anotado con precisión, para que cualquier observador pueda confirmar la verdad de estos enunciados utilizando los sentidos en distintas ocasiones. Cada nueva observación establecerá un enunciado observacional, que describirá una situación *singular*. Veamos un ejemplo...

Supongamos que es una noche de los 1600. La observación que estoy haciendo del planeta Saturno me permitirá hacer la afirmación de que esta noche, la noche “X” en que observé con mi telescopio de treinta aumentos, Saturno tenía dos orejas, una en cada lado. La siguiente noche puedo prestar a un escéptico mi instrumento para que compruebe que, en efecto, Saturno tiene orejas en la disposición indicada. Este constituirá otro enunciado singular que describe el evento de la noche “Z”. Cada noche se pueden ir añadiendo enunciados observacionales singulares, que confirmen el enunciado de que Saturno tiene dos orejas, una en cada lado. A partir de la confirmación sistemática y continua de éste enunciado a través de la observación desprejuiciada de Saturno, se obtiene por *inducción* un *enunciado universal*.

Con esta muestra podemos ver que los enunciados universales se refieren a todos los acontecimientos de un cierto tipo en cualquier lugar y momento: así, por ejemplo, un enunciado universal diría ‘todos los planetas se mueven en elipses alrededor del Sol’. No importa el planeta, y no importa el sol al que nos refiramos. No importa si tenemos puesto un suéter azul o rojo en el momento de la observación. Tampoco es relevante si hace frío o calor. Siempre sucede lo mismo. Otro enunciado universal es que todos los días la Tierra da una vuelta completa sobre su eje con respecto al Sol. No importa el día al que nos refiramos, siempre sucede lo mismo. Para un inductivista es lícito *inducir* por lo tanto que *siempre sucederá así*.

El inductivismo considera que las leyes y teorías son enunciados universales que se obtienen a partir de un gran número de enunciados singulares resultado de la observación objetiva hecha en una amplia variedad de condiciones. Así, el progreso de la ciencia es continuo en la medida en que aumenta el cuerpo de datos observacionales⁵. Una vez que el científico tiene estas teorías y leyes, puede a su vez predecir y explicar el comportamiento de eventos similares mediante un razonamiento *deductivo*: ahora, a partir de leyes generales podemos predecir eventos particulares.

Problemas para el inductivismo.

No hay tal cosa como una observación objetiva

Ya nos damos cuenta, cuando expuse el ejemplo de Saturno, de que algo anda mal con el procedimiento inductivo: por mucho que en el 1600 y tantos hubiéramos observado y observado, *siempre habríamos dado con una teoría que hoy nos parece incorrecta*.

Primero, no hay ningún argumento lógico que nos hubiera corregido. Las premisas iniciales de todo argumento inductivo deben ser *verdaderas* para que el resultado deducido sea *verdadero*. Pero en efecto, no hay procedimiento lógico que nos asegure que las premisas iniciales sean, de hecho, *verdaderas*. Por ejemplo, ningún argumento lógico nos asegura que Saturno *sí* tiene orejas. El problema es que este enunciado *falso* constituye una de las premisas a partir de las cuales se deducirá el estado final de Saturno.

Peor aún, no hay ninguna garantía lógica de que mañana Saturno no tenga orejas, ni hay contradicción lógica cuando afirmo que todas las noches que he visto a Saturno tiene orejas y también que, en alguna noche, Saturno quizá no las tenga. El enunciado se encontrará

en problemas cuando me de cuenta que las orejas cambian de tamaño y desaparecen durante algunas noches. Pero nótese que ningún argumento lógico me habría indicado que *esto podría suceder, o cuándo sucedería*. No me dice cuántas noches hubiera sido necesario observar a Saturno para afirmar sin empacho que tiene orejas, o para darme cuenta de que las orejas cambian de tamaño hasta desaparecer: ¿cuántas observaciones son suficientes?, ¿qué tal si sólo observo una semana y no me doy cuenta de que las orejas cambian? ¿Qué si observo a Saturno una gran cantidad de veces, por casualidad, cuando siempre tiene orejas?

Segundo, y más importante: no hay tal cosa como una observación libre de prejuicio, porque para que se pueda hacer cualquier afirmación es necesario tener referentes con lo cual comenzar. Si no, ¿cómo sé qué elementos son relevantes a mi observación? ¿Cómo descarto variables en las distintas condiciones de observación sin tener una idea previa? Nunca se nos hubiera ocurrido pensar que el color de nuestro suéter o la temperatura del sitio de observación influyen en nuestros resultados, pero eso es porque tenemos ya la idea de que Saturno no se ve influido por esos detalles.

Efectivamente, para descartar esas variables necesitamos del *conocimiento previo*: podemos afirmar que Saturno no está tan cerca como para sentir la temperatura de nuestro cuarto de observación, y quizá podamos decir también que un planeta no tiene conciencia del color del suéter, o si somos hombres o mujeres los que lo observamos. La ridiculez de estas situaciones se puede establecer porque tenemos *referentes*.

Sin el conocimiento previo, no podría ser posible llegar a ninguna afirmación, pues tendríamos que hacernos cargo de todas y cada una de las variables posibles, y esto es prácticamente imposible.

Hay un tercer asunto más: en el ejemplo de las orejas de Saturno, podemos notar de inmediato que nuestra observación no sólo dependió de la capacidad de nuestro telescopio⁶ —elemento de suma importancia para afirmar que un enunciado es *cierto*—, también se basa en una teoría previa: sólo así pudimos atribuir significado a la forma extraña del planeta, a saber, *que tiene orejas*. En los años de 1600 no hubiéramos podido afirmar otra cosa: “lo que un observador ve, [...] depende en parte de su experiencia pasada, su conocimiento y sus expectativas”⁷. Los observadores de los años 2000 jamás hubieran interpretado tal forma como orejas, y por lo tanto su enunciado hubiera sido totalmente distinto. Sin duda afirmarían que son anillos, pues como vimos, tal modelo ya está disponible dentro de su conocimiento previo⁸. Podemos decir, pues, que los enunciados observacionales presuponen a la teoría porque *deben ser manifestados en el lenguaje de alguna teoría* y que, además, son tan falibles como las teorías que presuponen.

Queda demostrado que la ciencia no comienza con la observación, comienza con una presuposición teórica previa a la observación. Para toda observación hay un contexto previo, y por tanto, no hay tal cosa como una indagación objetiva, libre de toda presuposición. Para validar un enunciado es preciso apelar a cierta teoría: con respecto a la teoría de los anillos, evidentemente la teoría de las orejas es incorrecta. Pero, dadas las circunstancias en las que se encontraba nuestro contexto y nuestro telescopio de los 1600, la presuposición teórica —obtenida a partir de la experiencia que se tenía con las orejas de las personas— era la única viable, y en ese sentido, la afirmación *era válida*.

Los presupuestos teóricos no sólo guían a la observación, también lo hacen con la experimentación. Como dijimos, para descartar ciertas variables es necesario encontrar la incoherencia o irrelevancia de éstas *con respecto a algo*. Pero hacer esto no es tan evidente: cuando Heinrich Hertz estaba experimentando con las ondas de radio, observó que éstas no seguían un comportamiento que, *según la teoría de Maxwell*, se suponía debían tener todas las ondas. Las ondas de radio no mantenían una velocidad igual a la velocidad de la luz. El buen Hertz nunca pudo entender por qué; por más que repetía el experimento, siempre sucedía lo

mismo. ¿Acaso estaba mal la teoría de Maxwell?

Resulta que, dado *el conocimiento teórico en el momento, y que guiaba lo que había dispuesto en su experimento*, no era coherente o lógico tomar en cuenta cierta variable: el tamaño de la habitación en la cual hacía su experimento! La longitud de las ondas de radio eran muy amplias, y el tamaño pequeño de la habitación provocó que chocaran y se reflejaran en las paredes. Esto afectó la medición de sus resultados, y por ende, afectó la solución a la cual llegó.

Concluamos así: “las falibles e incompletas teorías que constituyen el conocimiento científico pueden servir de falsa guía para un observador”⁹.

A casi todos nos enseñaron a ser ingenuamente inductivistas. Veremos en el siguiente apartado que tampoco es sencillo defender la idea de progreso en la ciencia, aun cuando las posturas que la defiendan sean más refinadas que la inductivista.

El falsacionismo: las teorías son científicas porque pueden ser refutadas

En vista de que la postura inductivista no daba cuenta del fenómeno científico, otras posturas surgieron. Entre ellas, hay una en especial que acepta la falibilidad del conocimiento científico, y la asume no como una inconveniencia, sino como una característica necesaria para que la ciencia progrese. A esta postura se le llamó *falsacionismo*. Los falsacionistas aceptan la idea de que la ciencia está en constante progreso.

En el falsacionismo –fundado por Kart Popper- se acepta que las teorías científicas pueden fallar, que están sujetas a todos los inconvenientes antes expuestos, pero agrega que en ello está su verdadero valor. De nada nos sirve una afirmación de la cual no se pueda decir si es cierta o falsa. Por ejemplo, si digo “Dios me creó a su imagen y semejanza” no es una afirmación válida para la ciencia porque no tengo manera de comprobar si es cierta, pero sobre todo, *no tengo manera de comprobar que no lo es*. Y como no puedo emitir nuevas hipótesis, ni llegar a una conclusión más allá de lo que la propia afirmación inicial enuncia, no proporciona más información. Por ende, no puedo avanzar en el conocimiento de algo. *La ciencia avanza porque es posible falsar sus afirmaciones*. Cada que lo hacemos, obtenemos información que permite saber por dónde va el camino, perfilar nuestras teorías y mejorar el cuerpo de conocimientos científicos para, finalmente, entender cómo se comporta en realidad el mundo.

Los falsacionistas afirman que mientras más oportunidades tenga una teoría de ser falsada, más valiosa resulta para la ciencia. Por ejemplo, la teoría de Newton es más valiosa para la ciencia que la de Kepler porque la primera da cuenta del movimiento de todos los cuerpos en el universo –incluidos los planetas-, mientras que la segunda sólo informa sobre el movimiento de los planetas. En efecto, es más probable que se encuentre una falsación de algo que abarca la explicación de una gran cantidad de fenómenos, que encontrar una falsación de una explicación a un solo fenómeno.

Por ende, los falsacionistas afirman que la ciencia avanza porque aprende de sus errores. La ciencia progresa a partir del ensayo y error. Por ello es necesario que haya conjeturas aventuradas¹⁰, hipótesis altamente falsables en vistas de obtener mayor información de ellas. Para que una teoría sea sumamente falsable, debe ser expuesta con claridad y precisión para que quede bien sentado qué es lo que afirma. De esta manera puede saberse, a través de experimentos encaminados a falsar tales afirmaciones, qué es lo que puede estar mal en la teoría. Así, las hipótesis más precisas son mejores porque son más falsables.

El progreso sobreviene porque todas estas conjeturas serán criticadas y comprobadas tenazmente por la comunidad científica. Más tarda en crearse una conjetura, que ya hay un numeroso grupo de científicos tratando de refutarla. Cada nueva conjetura es sometida a una crítica y escrutinio más profundo. De esta forma cada teoría forzosamente da cuenta de más

sucesos naturales que sus predecesoras, pues debe superar no sólo las falsaciones que éstas ya enfrentaron, sino debe vencer también nuevas falsaciones que surgen a la luz del continuo avance tecnológico y científico. *Las teorías son rechazadas porque son falsadas: la aparición de un caso, una situación, una observación o un experimento que contradiga la teoría obligará a que ésta sea rechazada.*

La falsación de cada nueva conjetura implica que ha aparecido un nuevo problema. El viejo problema ha quedado resuelto, pero ahora hay otro problema que abordar, problema que deberá ser afrontado con nuevas conjeturas, nuevas refutaciones, y así sucesivamente. El punto de partida de la ciencia es, pues, *el problema.*

Objeciones al falsacionismo

Todo parece ser maravilloso hasta que nos percatamos de que los problemas “sólo lo son a la luz de alguna teoría”¹¹. Para declarar algo como falso, debemos contrastarlo por oposición con algo considerado *verdadero*. Pero como vimos antes, todos los enunciados observacionales son *falibles*, y por tanto, no hay manera de definir algo como verdadero. Vemos que a final de cuentas, el falsacionista tampoco puede escapar a las objeciones que se le hacen al inductivista.

Otro inconveniente con el falsacionismo es que no es posible aclarar con precisión dónde se encuentra la causa de la falsación: si las predicciones que se hacen a partir de una conjetura no resultan confirmadas con las observaciones, ¿se debe a que la falla está en los enunciados observacionales que refutan la teoría? ¿O el problema está en la teoría referente? o, ¿acaso el error está en la teoría propuesta?

Las teorías no se pueden falsar de modo indiscutible porque no hay manera de afianzar la validez de los enunciados observacionales que sirven para poner a prueba cierta teoría propuesta. No podemos identificar cuál es la premisa que falla: “Puede que lo que falle sea la teoría sometida a prueba, pero también puede ser que el responsable de la predicción incorrecta sea algún supuesto auxiliar o alguna parte de la descripción de las condiciones iniciales [que definen el experimento o la observación]. No se puede falsar de manera concluyente una teoría porque no se puede excluir la posibilidad de que la responsable de una predicción errónea sea alguna parte de la compleja situación de comprobación, y no la teoría sometida a prueba”¹².

Qué estaba mal en la conjetura de las orejas de Saturno: ¿el telescopio?, ¿la interpretación de los observadores?, ¿la teoría en sí?, ¿las variables que se estaban tomando en cuenta? Cabe recordar que debemos situarnos en el momento histórico para entender que encontrar la respuesta no es tan evidente. Debido a que no sabemos qué falla, no es posible desechar una teoría de manera contundente.

Si los científicos hubieran abandonado sus teorías a las primeras falsaciones de sus conjeturas, muchas de las teorías más importantes no hubieran tenido la oportunidad de ser desarrolladas. Como ejemplo, recordemos las dos maneras de concebir el orden de los cuerpos celestes que imperaban a finales de los 1500.

Copérnico (1473-1543) afirmaba que la Tierra daba vueltas alrededor del Sol, y que éste era el centro del universo, mientras que el modelo de Ptolomeo –que ya tenía siglos de existencia y arraigo, pues coincidía con las creencias religiosas del momento– decía que la Tierra se encontraba en el centro del universo, y que el Sol y los astros eran los que giraban alrededor de ésta.

En el presente solemos creer que Copérnico estaba mejor preparado para resistir la falsación de su teoría, pero no es así: ambas teorías exponían que las órbitas de los objetos circundantes eran, valga la redundancia, perfectamente *circulares*. Debido a este detalle, *tampoco la teoría de Copérnico se ajustaba a las observaciones de la época*¹³: al igual que



Ptolomeo, tuvo que introducir una serie de círculos anexos –llamados *epiciclos*- al círculo principal de la órbita para que su teoría se ajustara a las observaciones¹⁴. *Con respecto a los conocimientos y la experiencia de la época*, no había manera de decidirse por una o por la otra. La decisión fue, pues, puramente estética, subjetiva. Ninguna de las teorías fue abandonada por ser falsada. La discusión quedó zanjada en otra época¹⁵, a la luz de nuevas, otras observaciones que, como vimos, no aseguran la validez o invalidez absoluta de las teorías¹⁶. Si Copérnico se hubiera dado por vencido, una importante teoría –imperfecta, en su infancia- se hubiera visto, cuando menos, retrasada en muchos años¹⁷.

La ciencia es una construcción social que no necesariamente progresa

Con lo anterior podemos afirmar que no es tan sencillo comprobar que la ciencia progresa. En su *Estructura de las revoluciones científicas*, Thomas Kuhn afirma que, de hecho, no hay tal cosa como un progreso acumulativo y lineal porque cada una de las teorías que explican cierto fenómeno natural dado representan distintos modelos, son un cambio de *paradigma*, de *metáfora*.

- No es posible evaluar un paradigma sobre otro porque cada uno de ellos considerará que el mundo está conformado por *un conjunto distinto de cosas*¹⁸. Por ejemplo, para Aristóteles el mundo imperfecto donde se desarrolla el humano está constituido de cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego. Para nosotros, el mundo está conformado por muchos elementos, que a su vez están hechos de objetos cuánticos. Vemos entonces que nuestras preguntas con respecto a los elementos han cambiado en el tiempo. Otro ejemplo: para los científicos anteriores a Einstein existía algo llamado *éter* por el cual se propagaban las ondas lumínicas. Después de Einstein, el éter no sólo se puso a prueba, sino que desapareció, pues no hubo ya necesidad de él. Así, todas las investigaciones encaminadas a descubrir las propiedades de este éter desaparecieron. Como vemos, en cada momento hay objetos propios a esa situación específica. Estos objetos definirán el tipo de preguntas que se harán durante la investigación científica. Dado que cada momento tiene su propio conjunto de objetos y preguntas, ¿cómo evaluar que se ha dado un progreso? ¿Con respecto a qué tiempo y espacio, es decir, a qué momento, a qué *paradigma*? Cada época se caracteriza por los objetos y las preguntas que puedan surgir dadas las circunstancias de ese momento particular, y

por tanto, constituye un *anacronismo* juzgar con los elementos, objetos y preguntas de una época, los objetos, elementos y preguntas de otra. Cada momento tiene su propio paradigma. Así, evaluar un paradigma con respecto a otro es absurdo.

- Para aclarar el punto anterior, los paradigmas rivales considerarán significativos distintos tipos de cuestiones: medir la velocidad de la luz con respecto al éter lumínico era una cuestión significativa para los científicos pre-einsteinianos, pero no lo es más para los científicos de mediados del siglo XX, que ya no creen que haya tal cosa como un éter donde se propaguen las ondas de luz. Medir la distancia de las esferas celestes era un asunto importante para la teoría ptolemaica del universo, pero tal asunto no es de importancia para nosotros, quienes no creemos que haya tal cosa como esferas celestes a las cuales estén adheridos los cuerpos cósmicos.
- Los adeptos a cierto paradigma describirán y concebirán al mundo de manera totalmente distinta a los adeptos a otro paradigma. Cada paradigma incluye un núcleo central de ideas fundamentales, un conjunto de indicios sobre lo que es lícito o lógico investigar. Por ende, el propio paradigma establece la coherencia o la incoherencia de abordar ciertos aspectos relacionados con el núcleo central de ideas de ese paradigma. Es decir, el paradigma guía el quehacer del científico. Debido a que cada uno de estos paradigmas tiene sus propias normas para juzgar la validez o invalidez de sus propuestas, no es posible juzgar con las normas de un paradigma a otro paradigma. No es lícito juzgar al paradigma de las orejas de Saturno con las normas de nuestro paradigma –el de anillos en un plano-, pues éstas no existían cuando se creó el primer paradigma. Los paradigmas sólo pueden ser juzgados con sus propias normas. Como dijimos, hacerlo de otra manera constituye un anacronismo¹⁹.

Con lo anterior vemos entonces que no hay un argumento lógico que permita evaluar un paradigma sobre otro. El cambio de paradigma implica un *cambio de visión del mundo* del científico. Cuando un científico cambia de paradigma y adopta otro, no siempre lo hace de manera racional, pues tal decisión se verá afectada por múltiples factores: por su simplicidad, su estética, por ciertas necesidades sociales, etc²⁰.

Hay una cuestión más a considerar: sabemos que la ciencia cambia constantemente de metáfora, de paradigma. Para que esta metáfora forme parte del conjunto de conocimientos científicos, no sólo debe ser aceptada por un individuo,

también debe aceptarla una comunidad completa. Un paradigma sólo es válido en la medida que se socialice, se construya entre un conjunto de científicos en un tiempo y un espacio determinados y se logre el *consenso* entre ellos con respecto a ese paradigma. La ciencia es, pues, una construcción social que puede ser desarrollada porque los miembros de la comunidad científica aceptan la validez de la metáfora/modelo/paradigma en la cual investigan. De esta forma, una comunidad completa enfocará sus esfuerzos a resolver los problemas que el propio paradigma les indica que habrán de solucionar.

En conclusión, mi intención con este segmento de la tesis es convencer a mi lector de que no hay tal cosa como una ciencia plenamente objetiva. Se me puede acusar de haber hecho un recuento muy superficial de cómo la filosofía de la ciencia ha rebatido los argumentos de autoridad que todos creemos validan a la ciencia, pero como mencioné, sólo necesito dar una panorámica para que se entienda mi argumento general.

A continuación detallaré por qué no es posible decir que la ciencia progresa evidentemente desde la perspectiva histórica.

2.5.2. La historia de la ciencia

En un ejercicio realizado durante el diplomado en divulgación de la ciencia que cursé hace un par de años, un profesor, el matemático Gerardo Hernández, hizo el siguiente cuestionamiento: “¿Consideran que Aristóteles era un buen científico?” Un rotundo “NNNNNNNOOOOOOOO” se escuchó por todo el salón. Lo que no sabíamos, era que el matemático nos había tendido una trampa...

Permítaseme otro ejemplo: en alguna clase de animación por computadora llegué a escuchar que, desde los tan llevados y traídos “más remotos tiempos”, los hombres *han animado*. El profesor decía convencido: “En las cuevas de Altamira podemos ver que hay *principios de animación*: nótese cómo parece que los animales se encuentran en movimiento. Obsérvese la representación de las patas, la secuencialidad de los eventos; sin duda, hay un concepto de animación...”.

Ambos ejemplos me sirven para ilustrar cómo es que tendemos al anacronismo para fundamentar y dar consistencia a nuestros argumentos. En efecto, Aristóteles no podía ser ni buen ni mal científico, porque sencillamente no existía la figura del científico en la época de Aristóteles. Tampoco podemos asegurar que lo que los humanos dibujaron en las cuevas de Altamira sean principios de animación, porque no nos consta que esa haya sido su intención, o que siquiera tuvieran tal concepto los antepasados “más remotos”. Que en estos días podamos interpretar algo como principios de animación no significa que, de hecho, *eso sea*.

Baste para afirmar que el juicio anacrónico de los eventos es un recurso falaz y, por lo tanto, inválido para fundamentar cualquier argumento. El sociólogo e historiador Steven Shapin lo pone en estos términos: hay que situar las ideas “en contextos culturales y sociales más amplio [...] ¿Qué hacía la gente cuando efectuaba o confirmaba una observación, probaba un teorema o realizaba un experimento?” Estudiar un evento histórico “en términos de una historia de conceptos que flotan libremente es un animación muy diferente de otra formulada en términos de una historia de las prácticas que construyen los conceptos”²¹.

Los juicios anacrónicos no sirven para comprender la naturaleza de los eventos

Juzgar a Aristóteles desde nuestra perspectiva histórica no sólo es engañoso, sino inútil. Mejor, siguiendo a Shapin situémonos en su contexto²².

Como mencioné, según Aristóteles, donde habitamos los humanos es el mundo corrompible, imperfecto y terrenal²³, y está constituido por cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego. Cada uno de estos elementos tiene una tendencia de dirigirse a su *lugar natural*. Así, la tierra tiende a su lugar natural en el centro del cosmos –esto es, el centro de la Tierra. El agua le sigue en pesadez. El aire tiende a ponerse por encima de la tierra y el agua. El fuego tiende a elevarse por encima de todos los anteriores.

Tomemos en consideración que en la época de Aristóteles no existía la práctica de la experimentación –o se construía una situación artificial en la cual se podía simular cierto fenómeno natural para evaluarlo y caracterizarlo. Se consideraba que a través del análisis intelectual de los fenómenos naturales observados era posible conocerlos. Para los aristotélicos, hacer un experimento simplemente no era concebible.

Me interesa reafirmar lo siguiente: no pensemos que los estudiosos del tiempo de Aristóteles sólo dedicaban a pensar, a *imaginar* explicaciones. Se cree erróneamente que éstos no hacían observaciones, pero cierto es que el fundamento de sus razonamientos estaba en la observación concienzuda de los fenómenos que ocurrían en la naturaleza. Es decir, sus propuestas explicativas no eran meras ocurrencias de la razón.

Consideremos, pues, cómo se pensaba en la época que se podía adquirir conocimiento verdadero sobre el mundo. Es por esta manera de abordar a la naturaleza, no por incompetente, por lo que Aristóteles no es científico –no como lo es un científico de nuestros días. La figura del científico que experimenta sólo comenzó a perfilarse en el siglo XVII y no alcanzó su estatus moderno sino hasta el siglo

XIX. Antes de ello, las personas que estudiaban la naturaleza eran filósofos naturales²⁴, y la manera como estudiaban la naturaleza era totalmente distinta a la del científico que luego aparecería.

Ahora bien, consideremos los antecedentes expuestos y dejemos atrás todo lo que sabemos en nuestros días sobre el universo. Con lo que contaba Aristóteles –lo que veía y lo que pensaba–, tratemos de refutar su teoría del ‘lugar natural’: intentemos objetar el comportamiento de los elementos primarios. Observaremos, sin experimentar, que las piedras siempre se dirigen hacia el suelo. Si analizamos el mar, la tierra siempre se va bajo el agua, y el agua permanece sobre la tierra. El aire siempre está sobre estos dos, y tanta es su tendencia, que cuando queda atrapado entre la tierra o el agua, surge en forma de burbujas que ascienden hasta alcanzar la esfera del aire. Y finalmente, el fuego no sólo se queda ahí, sino que parece que siempre busca ascender incluso sobre el aire. Todas estas tendencias prevalecerán siempre que no apliquemos una fuerza externa que los obligue a hacer otra cosa.

En efecto, además observaremos que las cosas pueden estar hechas de estos elementos, pues hay cosas más terrosas, más ventosas, acuosas o flamígeras: en la medida en que las cosas tiendan a bajar o subir, podemos deducir qué proporción tienen de estos cuatro elementos.

¿Nos damos cuenta ahora? Sí, refutar a Aristóteles en su propio contexto *es imposible*²⁵.

Entonces entendemos que Aristóteles no era tonto, ni necio, ni ilógico. Era un ser bastante racional y coherente con su tiempo. No por algo sus teorías permanecieron como los fundamentos del conocimiento por cientos de años. No es que la gente fuera tonta, necia o ilógica. Lo que sucede es que cambiar de una manera de concebir al mundo a otra no es un proceso automático, evidente y necesario porque eso sea lo mejor.

Siguiendo esta argumentación, podemos afirmar que hacer juicios de valor anacrónicos en la comunicación de la ciencia es un error. Por supuesto que Aristóteles va a salir muy mal parado de un juicio anacrónico, pues las normas de nuestro paradigma no tienen por qué dar cuenta de un paradigma totalmente distinto.

No es justo afirmar que Aristóteles es un tonto, que Galileo es menos tonto, y que sí es más inteligente que Aristóteles porque dejó de ser necio y quiso experimentar; que Newton es mejor que Galileo, y que el padre de la genialidad es Einstein.

Por extensión, no es válido juzgar que la teoría del lugar natural es menos legítima que la teoría de la gravedad por atracción de fuerzas, y que ésta a su vez es menos lícita que la teoría general de la relatividad. Cada una de ellas opera en un contexto determinado, basándose en cierto tipo de observaciones, recursos y concepciones del mundo. Cada una de ellas puede dar cuenta de ciertos fenómenos naturales en un contexto específico²⁶ y son, por ello, todas *contingentes* y no necesariamente mejores unas que otras²⁷.

Modificar la visión del mundo requiere de algo que nada tiene que ver con la capacidad racional de los individuos. El valor informativo de las hipótesis, las predicciones y las teorías es relativo a la época en la que fueron expuestas, y todas ellas están sujetas al cambio *en la medida en que no coincidan con el conocimiento propio del contexto histórico en el que se van poniendo a prueba*. Por ejemplo, en nuestros días no es una idea revolucionaria afirmar que la velocidad de la luz es constante en el vacío, pues no aporta nada al conocimiento que consideramos básico en nuestros tiempos. Pero sí lo fue cuando los físicos Michaelson y Morley, a finales del siglo XIX, trataron de medir la velocidad de la Tierra con respecto al éter universal, y se dieron cuenta de que la velocidad de la luz siempre era constante²⁸.

Esta primera observación configuraría –predispondría– a otras que, finalmente, modificaron la visión del mundo de finales del siglo XX²⁹. Pero el cambio sucedió porque el contexto histórico era propicio para ello: la física estaba en período de reestructuración desde distintos ángulos. Unas teorías no coincidían con otras, aun cuando las observaciones

“confirmaban” cada una de ellas. Las incoherencias eran cada vez más inevitables. La sociedad europea atravesaba dos guerras mundiales y la movilización de los científicos y los recursos se vio afectada con estos eventos. Estos y otros factores acabaron configurando la ciencia de principios del siglo XXI.

En estos días la física ha cedido el lugar sobresaliente que tuvo en el siglo XX a la biología del siglo XXI. Sí, la ciencia es contingente, y no sabemos qué sucederá con lo que sabemos hoy.

2.5.3. La sociología de la ciencia

La sociología de la ciencia es una disciplina que estudia cómo la comunidad científica se comunica e interactúa dentro de sí misma, es decir, internamente, y también cómo lo hace con el resto de la sociedad: con el gobierno, con la estructura económica del lugar donde se produce, con otros grupos de opinión como las distintas comunidades religiosas o los grupos pacifistas.

Lo que la sociología de la ciencia ha descubierto a lo largo de su historia es de lo más revelador: es irreal creer que la ciencia es una disciplina que puede operar marcando una distancia entre sí misma y la sociedad en general. De hecho, han encontrado que nunca ha habido una ciencia independiente de su contexto. Parece una afirmación de lo más obvia, pero entonces, ¿por qué pensamos que la actividad científica, inscrita en la historia, produce “verdades transhistóricas [...] desprendidas de cualquier vínculo, tanto en el espacio como en el tiempo y, por tanto, válidas eterna y universalmente”³⁰?

Los sistemas de recompensa

Durante la década de los 50, R. K. Merton hizo un estudio de cómo funcionan los sistemas de recompensa y reconocimiento de las comunidades científicas. Estos sistemas incluyen diversos premios -como el Nobel-, los directorios de citas -llamados *citation index*-, y las distintas políticas evaluadoras del desempeño de los científicos³¹.

Cuando Merton hizo su estudio asumió en sus supuestos metodológicos que la ciencia era eminentemente recta, es decir, que nunca hay mala intención o propósitos fraudulentos en la comunidad de científicos. Concluyó, inocentemente, que el sistema de recompensa refleja con exactitud la calidad y el nivel de los grupos científicos particulares. Así, son premiados aquéllos científicos altamente productivos porque son merecedores de ello. Pero el problema con el planteamiento de Merton es que hizo un estudio a nivel cuantitativo, y lo cualitativo quedó someramente tratado. No se fijó si las citas que se referían a cierto trabajo científico eran positivas o negativas, o si las investigaciones eran más o menos valiosas en el sentido de aportar algo trascendente al conocimiento científico.

Ahora sabemos que los sistemas de recompensa de las comunidades científicas son un arma de dos filos: si bien impulsan a investigar, a comunicar resultados y a producir conocimiento científico, también tienen el efecto colateral, altamente indeseado, de incitar al científico a hacer investigación y publicar los resultados “por destajo”, a hacer refritos de una cierta propuesta o conjetura científica, a maquillarla para presentarla como la aportación de algo “nuevo”, y en general, a utilizar ciertas estrategias que le permitan aumentar sus puntos ante el sistema de evaluación y que no tienen nada que ver con la generación *cualitativa* de conocimiento científico. Podemos ver, en este pequeño esbozo, que sí hay ciertos aspectos considerados “externos” a la ciencia que la influyen.

La retórica también se utiliza en ciencia para convencer

Otros sociólogos, entre ellos David Bloor, enfocaron su análisis al interior de la comunidad científica para abordar otros asuntos. El sociólogo anterior concluye que la objetividad, la racionalidad y la verdad son conceptos contruidos socialmente a través de ciertas normas socioculturales asumidas por los grupos involucrados. Finalmente, estas normas y costumbres de la comunidad científica han creado dispositivos culturalmente transmitidos –aprendidos durante la formación científica– que influirán en el desarrollo del conocimiento científico³². Así, los intereses sociales de un grupo científico provocan que se generen tácticas de persuasión con vistas a convencer a otros grupos³³ de que su conjetura es más aproximada, más útil o relevante, y que debiera aceptarse dentro del conjunto de conocimientos científicos. Las estrategias discursivas de la ciencia son, a final de cuentas, una estrategia retórica que permite crear la sensación de verdad informativa³⁴.

Un ejemplo³⁵ nos permitirá entender que los científicos son muy conscientes de sus estrategias retóricas. Según G. Nigel Gilbert y Michael Mulkay, cuando entraron en los laboratorios para observar a los científicos trabajar, se dieron cuenta de que a menudo encontraban chistes que se burlaban frescamente de la forma en que se escribe un *paper*, es decir, *de su retórica, de su estructura discursiva*. Uno de los chistes era un cartelito que encontraron frecuentemente, y que decía:

“- Sabemos desde hace tiempo significa en realidad ‘No me he tomado la molestia de buscar la referencia’.

- Aunque todavía no sea posible ofrecer respuestas definitivas a esas preguntas significa: ‘El experimento no ha funcionado, pero he pensado que, por lo menos, podría aprovecharlo para una publicación’.

- Han sido elegidas tres de las muestras para un estudio detallado... significa: ‘Los resultados de las otras carecían de todo sentido y han sido ignorados’.

- Dañado accidentalmente durante el montaje... es en realidad ‘se cayó al suelo’.

- De gran importancia teórica y práctica significa ‘Interesante para mí’.

- Sugerimos que... Sabemos que... Parece... quiere decir ‘Creo’.

- Se cree generalmente que significa en realidad ‘También lo piensan otros tíos’.

Este recuento simpático de cómo se adereza un reporte científico permite entrever que, en efecto, el discurso científico *es un discurso retórico*. Lo que el reporte científico tiene como objetivo no sólo es dar cuenta de un proyecto de investigación. También busca *anexar partidarios* a una conjetura científica³⁶.

En un sentido similar, las normas y costumbres afectan el dispositivo de “replicación de un experimento”. En un estudio hecho por Harry Collins y Trevor Pinch se demuestra que, primero, los científicos reportan la metodología de sus experimentos no en función de lo que realmente hicieron, sino en función de lo que la comunidad científica *espera* de un reporte científico del experimento. Es decir, los reportes tienden a respetar las formas ideales protocolarias de la comunidad científica en la narración de su desarrollo, y por ello no necesariamente reseñan lo que en efecto sucedió³⁷. Más aun, cuando un segundo grupo científico intenta reproducir lo que se indica en el reporte del primer grupo, lo hace en función de sus propios intereses investigativos, y entonces modifica lo que considera pertinente del experimento de origen para validar sus propios argumentos.

En conclusión, “la aceptación o el rechazo de un experimento depende tanto del crédito concedido a la competencia del experimentador como de la fuerza y la significación de las pruebas experimentales. Para alcanzar la convicción no pesa tanto la fuerza intrínseca de la idea verdadera como *la fuerza social* del verificador”³⁸. El conocimiento científico se construye no sólo por quien lo genera, sino por el que lo recibe y verifica. Es, pues, una construcción colectiva, y no solamente el reflejo objetivo de la realidad.

La influencia de la autoridad en la comunidad científica

Hay otros elementos más que influyen en la generación de conocimiento científico. Ya se ha vislumbrado antes que, en efecto, el papel de la autoridad en ciencia tiene mucha influencia en la recepción y aceptación de cierta conjetura científica. Recordemos, por ejemplo, el caso del descubrimiento del virus del VIH. Tal descubrimiento permitió esbozar cómo es que la comunidad científica no siempre se guía por argumentos netamente lógicos y racionales.

A mediados de los años 80 había diversos equipos de investigación, todos encaminados a descubrir el agente que causaba la depresión y falla del sistema inmunológico de los humanos. Un equipo estadounidense, encabezado por un eminente y prestigiado virólogo, el doctor Robert Gallo, intentó infructuosamente de identificarlo, aun cuando tenía a su disposición no sólo una vasta experiencia, sino los recursos y los laboratorios más sofisticados disponibles. Mientras tanto, en Francia, otro grupo de científicos, encabezados por *un tal* doctor Montagner, lograron encontrar *algo*. Para ellos, sin lugar a dudas, era el virus causante del padecimiento. Sin embargo, considerando que eran un equipo menor, menos

experto y preparado que el estadounidense, decidieron enviar una muestra de su virus a Gallo para que éste, con su experiencia y autoridad, emitiera un juicio.

El eminente Dr. Gallo recibió la muestra, la evaluó y...

Decidió que lo que contenía la muestra no era el agente causante de la inmunodepresión. Guardó la muestra en un cajón y avisó a sus colegas franceses sobre su estimación.

Tiempo después, con bombo y platillo, el equipo de Gallo anunció que había encontrado el agente patógeno que provoca la inmunodeficiencia humana. Cuando los franceses se enteraron, intentaron saber cuál había sido. Pronto se percatarían de que *ellos ya habían hecho el descubrimiento*. Gallo presentó como suya la muestra que le habían mandado tiempo atrás³⁹.

Hasta la fecha, y aun cuando se supo del fraude, el descubrimiento no es atribuido únicamente al equipo francés. Los anales de la historia registrarán que fue un descubrimiento conjunto entre los franceses y los estadounidenses. Tanto así cuenta el prestigio y la autoridad en la ciencia.

He plasmado este ejemplo no para desacreditar todo lo hecho por la ciencia, pues no todos los científicos se comportan como lo hizo Robert Gallo. Sólo intento exponer que, en mayor o menor grado, siempre influirá la autoridad en la consideración de ciertas conjeturas científicas. No es lo mismo que hable Julieta Fierro con respecto a evolución, que lo haga *una tal* Aline Guevara. Y no, no importa si yo entiendo mejor o peor el concepto de evolución. La decisión final en cuanto a la recepción y aceptación de la evolución, así como la decisión de a quién se acude para obtener información, *es una cuestión de autoridad*.

La autoridad en ciencia no sólo existe a nivel de personajes. Un equipo de trabajo del MIT tiene más prestigio que uno de la Universidad Autónoma Veracruzana, y como tal encontrarán distinta la recepción de sus *papers* en revistas de prestigio académico, la recepción de sus conjeturas en el ámbito científico internacional y también, cómo no, en la sociedad en general. Los medios acreditan más a un investigador estadounidense que a uno mexicano, por ejemplo. Es decir, en la aceptación de una conjetura influyen circunstancias como la nacionalidad, la institución a la cuál se pertenece, el poder de convencimiento de las personas o grupos de trabajo, etc.

Laboratorios, instrumentos, recursos financieros

En su *Science in Action*, Bruno Latour hace un recuento minucioso de cómo tópicos que se consideran ajenos a la creación del conocimiento científico no sólo la influyen: también la configuran, e incluso, permiten que se genere o no. Esto sucede porque la disposición de los recursos necesarios para realizar una investigación es de capital importancia para la generación de conocimiento científico.

Lograr ciertos objetivos, obtener ciertos resultados, realizar ciertas observaciones que permitan cristalizar un conocimiento no es una cuestión de la ciencia pura, es también una cuestión de logística⁴⁰. Por eso es necesario que la ciencia no sólo se ocupe de su pesquisa científica. Los científicos deben procurarse un sustento. Deben encontrar los recursos monetarios y materiales necesarios ya sea atando sus intereses a aquéllos de la milicia, el gobierno o alguna otra entidad que espere ciertos resultados de la investigación científica que financian. Debido a ello, la ciencia no es tan libre de realizar su trabajo como quisiera⁴¹.

Para la ciencia estar atada a una necesidad "externa" a sí misma implica que en muchas ocasiones se asumirán, también, los requerimientos que el sostén económico imponga. Esto afectará siempre el camino de la investigación científica y sus resultados. Pongamos un ejemplo: ya he discutido antes, en alguna nota a pie, cómo los nazis configuraron al equipo científico de su nación. De esta manera provocaron que sus científicos fracasaran porque los nazis extirparon, políticamente, toda ciencia "impura" –aquella creada por judíos,

homosexuales, personas distintas a la raza aria, etc. Con tal decisión, y para salvar su propio pellejo, la comunidad científica alemana tuvo que abandonar los recientes hallazgos de Einstein con respecto a la relación masa-energía, ya que era judío. A pesar de que conocían la relevancia del trabajo de Einstein, y en cierta manera eran parte de la discusión internacional al respecto, tuvieron que buscar por otras rutas alguna forma de construir una bomba atómica. Afortunadamente, en este caso, el prejuicio y la estupidez de los nazis impidieron que sus científicos lograran construirla.

Vemos, en conclusión, que la ciencia no es tan independiente, tan objetiva ni tan racional como se nos ha enseñado una y otra vez. Es, cómo no, una actividad humana, que tendrá todas las ventajas y desventajas de la naturaleza humana.

2.5.4. Seamos medidos: no todo es relativo⁴²

Una imagen de ciencia más justa

Después de hacer el recuento anterior y ver que la ciencia no tiene la autoridad que suponíamos, podríamos preguntarnos entonces: ¿cuál es la relevancia de comunicarla? ¿Cuál es la importancia de apoyarla, de que se siga generando?

Cuando mencioné anteriormente que los prejuicios hacia y sobre la ciencia existen en dos sentidos, intentaba decir que no sólo existe el prejuicio positivista, es decir, aquél que afirma que la ciencia es una forma de conocimiento objetivo, superior a otras maneras de representar al mundo, necesariamente benéfico y, por lo tanto, la única manera de poder alcanzar una vida mejor. También existe el lado contrario, aquél que afirma que la ciencia es la culpable de todas nuestras desgracias.

Hemos dejado que la ciencia se incruste en nuestras vidas sin tener muy en cuenta cuáles podrían ser las consecuencias de ello, pero recordemos que los científicos no están solos. Lo que se pueda hacer en lo sucesivo debe ser una solución multifactorial. Echarle la culpa al científico por todos los males de la humanidad es relegar la responsabilidad de todos a unos cuantos personajes.

Pero también hay otro aspecto, todavía más prejuicioso, que asevera que como la ciencia no tiene ninguna característica distinta a otras representaciones del mundo, no debería ser apoyada -como lo es-, ni debería ser enseñada en las escuelas -pues después de todo es, afirman, como adoptar una religión, una creencia⁴³.

El problema con todas estas posturas es que no se dan cuenta que, de hecho, la ciencia tiene éxitos⁴⁴. Tanto es así, que es la única representación del mundo que cambia de forma radical nuestra concepción del universo y la relación que establecemos con éste -material y mental- a través de la aplicación tecnológica de sus resultados. Ningún rezo hará que el humano llegue a la Luna, o que pueda, en algún futuro, poblar otros planetas ni que se cure del cáncer tan eficazmente -aunque sí pueda mejorar su disposición emocional, cosa de suma importancia en el restablecimiento de la salud-, ni que sepa qué es lo que lo enfermó del estómago. Ningún rezo hará que se pueda manipular lo que consideramos la naturaleza de la materia para hacer una bomba atómica. Los éxitos de la ciencia deben ser tomados en consideración si se busca una representación realista de ciencia. No hacerlo constituye también un *prejuicio*.

Hay mucha gente que afirma debiera cesarse de hacer tecnología, pero no se dan cuenta que esta es, de hecho, la manera que tiene el ser humano para afrontar de alguna forma a la naturaleza. La capacidad de hacer tecnología, es decir, de transformar el entorno, es lo único que siempre ha poseído el humano para sobrevivir⁴⁵. Nosotros no tenemos garras, ni dientes afilados, ni corremos a gran velocidad. Lo único que tenemos -y que siempre tuvimos- es una capacidad muy desarrollada para encontrar -o quizá, imponer- invariencias en la naturaleza, para buscar explicaciones a estas invariencias, para tratar de afrontarlas y

para comunicar a los congéneres nuestros hallazgos⁴⁶. En ese sentido podemos afirmar que la ciencia y la tecnología son, como dice Richard Dawkins, nuestro *fenotipo*⁴⁷ *extendido*⁴⁸. Negar la ciencia y la tecnología es negar nuestra propia naturaleza⁴⁹.

Entonces, ¿cuál puede ser una imagen más justa de ciencia? En *The golem*⁵⁰, Harry Collins y Trevor Pinch afirman que “como están las cosas,... sólo parece haber dos maneras de pensar la ciencia: es toda mala o toda buena”⁵¹.

Los comunicadores, profesores, científicos y gobiernos que idealizan a la ciencia como la solución a toda dificultad, han ofrecido una ciencia que puede volar, que posee varas mágicas, que puede solucionar todos los problemas del mundo; la han erigido como el nuevo dios al que desconocemos, pero al cual le debemos creer ciegamente ya que se nos ha asegurado que nunca se equivoca, que es omnipotente. Esta es una postura irresponsable porque ha engañado durante siglos a la gente haciéndole creer que la ciencia es la única representante de la verdad, y que por ello es la única forma válida de tomar decisiones. Collins y Pinch afirman de manera contundente: “los científicos deberían prometer menos”⁵², y yo añado que los comunicadores de la ciencia también.

En respuesta, y como un toro embravecido, los anti-científicos centran todos los males que nos aquejan en un puñado de expertos, personificación de un demonio también todopoderoso que debe ser abatido. Esta es también una postura irresponsable porque impide que todos respondamos por la parte que nos corresponde de los problemas que nos aquejan. Esta manera de concebir la ciencia tiene el terrible inconveniente de desembarazarnos a todos de nuestras propias fallas, achacándoselas a los científicos.

Como podemos ver, lo importante es advertir que ambas posturas son irresponsables porque han olvidado que la ciencia es sólo *un elemento del problema y de la solución*. Si se desea ser un comunicador de la ciencia responsable, debe considerarse justamente lo anterior.

Quizá, como afirma Paul Feyerabend en su *Adiós a la razón*⁵³, nunca encontraremos justificación puramente racional a la ciencia, y, por ende, a la comunicación de la ciencia que la privilegia. Será entonces el momento de buscar nuevos caminos de justificación para esta actividad. Será el momento de construir nuevos modelos para comunicar la ciencia que tengan como parte medular la pura preferencia subjetiva. Es muy probable que la decisión de comunicar la ciencia sea una cuestión de preferencia personal.

2.5.5. La influencia de estas disciplinas en la representación del concepto de ciencia en un texto visual: *Gravedad*⁵⁴

Después de dar cuenta de una concepción más apropiada de ciencia, y de por qué es importante esforzarse por representarla, trataré de exponer cómo he intentado materializar estas reflexiones en algunos textos visuales para comunicar ciencia.

Los siguientes cuadros fueron hechos para un querido amigo investigador –físico- del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) de la UNAM, el doctor Miguel Alcubierre, especialista en la teoría de la relatividad⁵⁵.

La comunidad a la que este investigador pertenece se dedica a tratar de establecer las condiciones de algunas variables que afectan el comportamiento de los cuerpos supermasivos de dimensiones estelares –aquéllos que todos conocemos con el nombre de agujeros negros- a través de simulaciones por computadora. Las simulaciones sirven porque permiten observar relaciones entre objetos que son muy difíciles de encontrar y estudiar en el espacio. A partir de ciertas variables, esperan observar qué tan estables son los sistemas



entre dos cuerpos supermasivos: la proximidad entre una galaxia y un agujero negro, o entre dos agujeros negros, o entre estrellas de neutrones y agujeros negros, por mencionar algunos.

Hay un problema al que se enfrentan estos investigadores: como dijimos, para que se pueda saber cómo se comportarán estos objetos, necesitan definir primero las variables. La cuestión está, pues, en definir con precisión qué tipo de variables tendrán que determinar en las simulaciones. En este caso, precisar las variables es de importancia capital, ya que la modificación de una variable, o la inserción de una u otra provoca que la simulación genere resultados radicalmente diferentes.

Para enfrentar ese problema, algunos investigadores del ICN, así como la comunidad internacional de especialistas en este campo, han instaurado una red internacional que comunica los hallazgos en cuanto a estas variables. Antes de formar esta red, durante sus reuniones especializadas, la comunidad de científicos se percató de que muchas veces cierto equipo de trabajo usaba variables que otros equipos de otros países ya habían utilizado y que ya habían demostrado eran inservibles, incompletas, o que eran más aproximadas con ciertos parámetros. La red sirvió para unificar el esfuerzo de esta comunidad científica.

Miguel Alcubierre está particularmente relacionado con el equipo de trabajo del Instituto Max Planck, en Alemania, pues antes de pertenecer al ICN fue miembro del Max Planck. Por tanto, la relación entre el idioma alemán y el español es relevante; es un elemento intercultural del que gusta disfrutar: vivió allá varios años, y tiene muchos amigos que hablan alemán.

Los cuadros que a continuación expondré son cuatro ilustraciones que hablan sobre el tema que constituye su especialidad: la gravedad. El formato está planeado para montarse en la oficina de este investigador, que tiene la característica de ser sencillo, sin mucho atavío ni mucha formalidad⁵⁶.

Muchas veces creemos que ya no tenemos nada qué decir a un científico sobre su propio quehacer. Se podría pensar: ¿qué tiene una comunicadora gráfica qué decir a un experto científico sobre el tema del cual es, precisamente, experto?

Es cierto, las imágenes presentadas a continuación no aportan nada en cuanto al contenido informativo de las conjeturas gravitatorias, es decir, no dicen nada nuevo sobre gravedad, pero sí representan un concepto de ciencia totalmente distinto al que comúnmente tiene el científico en general. En ese sentido, constituye información novedosa. Aquellos científicos y comunicadores de ciencia que han podido conocer los cuadros nunca habían visto una representación de este tipo, formulada con base en la relación entre modelos teóricos y sobre un concepto de ciencia implícito –una ciencia cambiante, metafórica, contingente y creativa-, más que en la mera representación de una explicación teórica.

Influencias de las disciplinas que estudian sobre ciencia en *Gravedad*

De la misma manera en que se aborda cualquier proyecto de diseño, lo primero que hice fue hacer una visita a la oficina para saber qué condiciones existían previamente para montar algo. La oficina en cuestión es muy sencilla, blanca, con unos cuantos pequeños cuadros de Einstein en los libreros de textura metálica, minimalista. Es una oficina que se encuentra en la parte nueva del edificio del ICN, y comparte las características de todos los nuevos edificios hechos en la UNAM. Las oficinas en el ICN tienen una gran ventana con vista a los árboles, y están insertas en un edificio más bien frío y anguloso, pero ligeramente agraciado por el “enredamiento laberíntico” de escaleras, pasillos, centros comunes de descanso, la biblioteca y las recepciones. Es, en pocas palabras, un lugar más bien pulcro, silencioso y tranquilo. Con base en estas consideraciones y en las características personales del investigador se definió el tipo de montaje que se utilizaría, el formato y tamaño de los cuadros y la estética que imperaría en el diseño.

Con respecto al tema de gravedad no fue necesario que hiciera una investigación exhaustiva, pues ya había tratado los modelos científicos con anterioridad, en otros proyectos, y sabía qué era lo relevante de cada uno.

Se escribió, primero, una suerte de guión literario –que luego constituyó las frases escritas en cada cuadro–, con vistas a introducir deliberadamente los conceptos de la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia que concluí podrían aplicarse a partir del tema científico de gravedad.

Para hacerlo tomé en consideración todas las presuposiciones que comúnmente se tienen con respecto a la ciencia, en especial, que la teoría de la gravedad va *mejorando* con el tiempo, en vez de *cambiando*⁵⁷. Se tomaron las tres teorías principales que hablan de gravedad, pues imperaron durante mucho tiempo en la forma en que la gente de cierta época y lugar consideró la noción de “caer”, de “estar pegado al piso”, y posteriormente “de relación recíproca entre un objeto y otro”: la de Aristóteles, que ya hemos explicado, la de Newton y la de Einstein⁵⁸.

Intenté, así, confrontar, contradecir las presuposiciones enunciadas a través del guión literario⁵⁹. El guión se escribió en español y quedó, después de algunos intentos, de esta manera:

- Cuadro 1: *En el antier del tiempo / cayeron las rocas al suelo / y encontraron así su lugar natural (Aristóteles)*⁶⁰

- Cuadro 2: *Ayer las manzanas se desprendieron del árbol / obligadas por una fuerza inexplicable (Newton)*

- o Newton pudo describir el movimiento de los cuerpos, fueran terrenales o de índole cósmica, pero nunca pudo explicar por qué se comportaban así. Y si bien creía en un ser supremo, le molestaba que tuviera que introducir un elemento de ese tipo para justificar el origen del movimiento de los objetos.

Su modelo implicaba que la gravedad existía en la relación entre *dos* cuerpos, cosa que también le molestaba, porque creía que los cuerpos, por sí mismos, deben poseer ciertas características prístinas, constitutivas, como el volumen o la masa. Lo malo era que la gravedad, si bien era una característica de todos los objetos, sólo se manifestaba cuando un cuerpo está en relación con otro objeto. ¿Acaso la gravedad era una propiedad que sólo surgía en la interacción de cuerpos, y que sin embargo todos poseían? Eso era una característica imperfecta que no era propia del cuerpo por sí mismo, y sin embargo estaba ahí. No era una característica primigenia, inmutable, ni digna de ser categorizada como superior.

En pocas palabras, Newton pudo expresar el *cómo*, pero no el *por qué*. Lo que denominó *fuerza* entre los cuerpos, permaneció con un origen *inexplicable*. Nótese, pues, que yo no escribí *indescriptible*.

- Cuadro 3: *Esta mañana un agujero negro mantiene la configuración de mi Galaxia...*

- o Estos días se cree que hay un agujero negro en el centro de cada galaxia que impide que las estrellas de las galaxias salgan ‘disparadas’ al espacio. El agujero negro es como una aspiradora que amarra a todas las estrellas hacia el centro de la galaxia.

Al medir la velocidad a la cual las galaxias giraban, los científicos se dieron cuenta de que lo hacían a una velocidad tan grande, que no podía ser contrarrestada por la masa sumada de todas las estrellas contenidas en la galaxia, es decir, la inercia de la velocidad de la vuelta no podía contrarrestarse con la atracción gravitatoria total de las masas de la galaxia: es como cuando uno se sube a un juego de “malacatonche” en la feria. Da vueltas tan rápido, que si no fuera por el asiento, todos los mareados usuarios saldrían volando por el aire. Se necesita un asiento lo suficientemente fuerte como para no salir despedido.

La función del agujero negro es la misma que los asientos del malacatonche,

nada más que concentrada en el centro del juego: sólo un agujero negro supermasivo en el centro de cada galaxia podía contener la masa suficiente como para que las estrellas no salieran volando disparadas hacia el espacio.

- Cuadro 4: ... y las rocas, / y las manzanas, / y el Sol, / y tú y yo / deformamos el tejido del espacio-tiempo (Einstein)

- o La teoría de Einstein, a diferencia de la de Newton, explica por qué los *todos* los cuerpos tienen como característica ser objetos gravitatorios, estén o no relacionados con otro cuerpo. Todos los cuerpos de nuestro universo deforman lo que Einstein llamó el “espacio-tiempo”, un conjunto de cuatro dimensiones que caracterizan a nuestro universo. Son tres dimensiones espaciales, y una temporal: en total, cuatro dimensiones. Es decir, nuestro universo es tetradimensional.

Lo malo de todo aquello que implica más de tres dimensiones es que no podemos *visualizarlo*⁶¹. Nuestro entendimiento sensorial está reducido a entender tres dimensiones⁶². Por eso, lo único que se puede hacer es reducir las cuatro dimensiones a cuando mucho una representación tridimensional. Podemos visualizar tridimensionalmente la deformación del espacio-tiempo de la cual hablamos.

Imaginemos una cama elástica que representará el tejido del universo. Si a la cama elástica le lanzamos una bola de boliche, se deformará, se combará. Si ponemos en la cama elástica una pelota de golf, que tiene menos masa que la de boliche, combará menos la cama elástica que la de boliche⁶³.

Si lanzamos la pelota de golf hacia la deformación que hace la bola de boliche en la cama elástica, puede suceder que, si no lo hacemos con suficiente velocidad, la pelota de golf, al pasar junto a la deformación que genera la bola de boliche, caiga hacia donde está la bola de boliche, en el centro de la deformación que hizo, precisamente, la bola de bolos. Pero si lanzamos la pelota de golf con gran velocidad, puede desviarse hacia el combamiento de la bola de boliche, pero finalmente podrá salir y continuar su camino. Es decir, la pelota de golf podrá *escapar* de la deformación que la pelota de boliche hizo en la cama elástica⁶⁴.

De manera similar, todos los cuerpos del universo, planetas, manzanas, tú y yo combamos el espacio-tiempo y reaccionamos al combamiento de otros cuerpos. Estamos pegados al piso porque respondemos a la deformidad que la Tierra hace en el espacio-tiempo⁶⁵.

Con la descripción anterior podemos ver que Einstein describió con su modelo el *cómo* de la gravedad, y también el *por qué*.

La fórmula que se encuentra en la representación del tejido del espacio tiempo es una ecuación que sirve para detallar la deformación del espacio-tiempo que genera una masa dada. Por medio de la ecuación se puede saber qué tan combado está el espacio-tiempo bajo la influencia de una masa determinada. Es la manera de describir un fenómeno gravitatorio. Es así como se expresa en el cuadro la relación entre lo que observamos y la descripción que construimos en torno a esa observación, a ese fenómeno percibido.

Continuando con el proceso de diseño, se hizo posteriormente la traducción al alemán. Por último, con base en el guión traducido, se procedió a bocetar.

Los cuadros quedaron así (*sin título, tinta china e ilustración digital. Tamaño de ilustración: 15x15 cm. Tamaño con montaje: 25x25cm por cuadro*):



A

En el **antier** del tiempo



cayeron las **rocas**
al suelo



[y encontraron así
su **lugar natural**]



Ayer las manzanas
se desprendieron del árbol

[N]



[obligadas por una **fuerza inexplicable**]





Im **Vorgestern** der **Zeit**

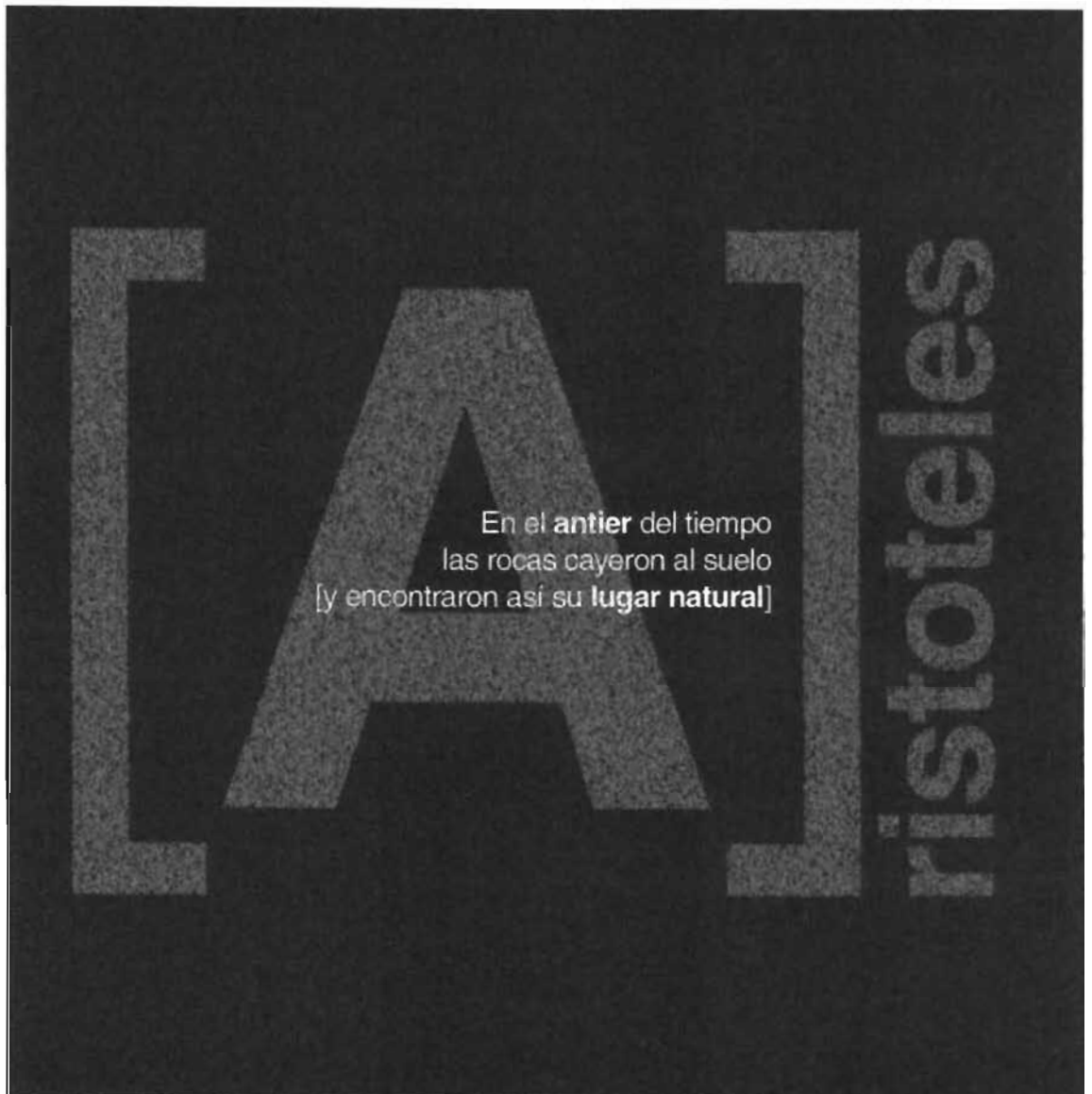


sind **Steine**
auf den Boden **gefallen**



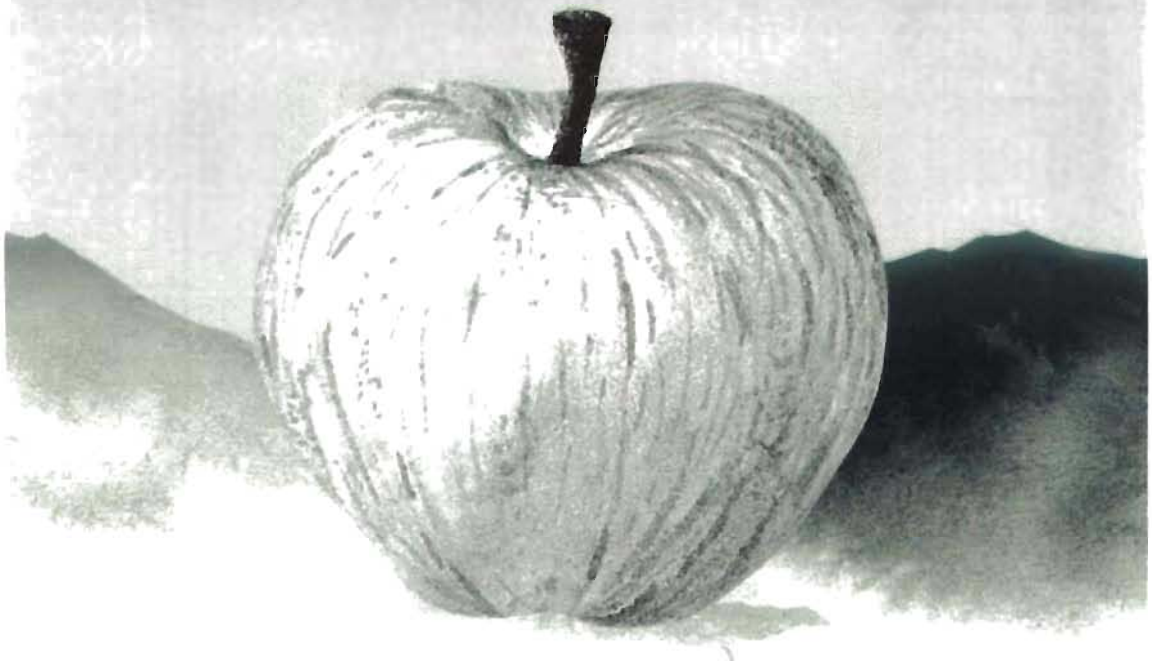
[und haben daher
ihren **natürlichen Ort**
gefunden]



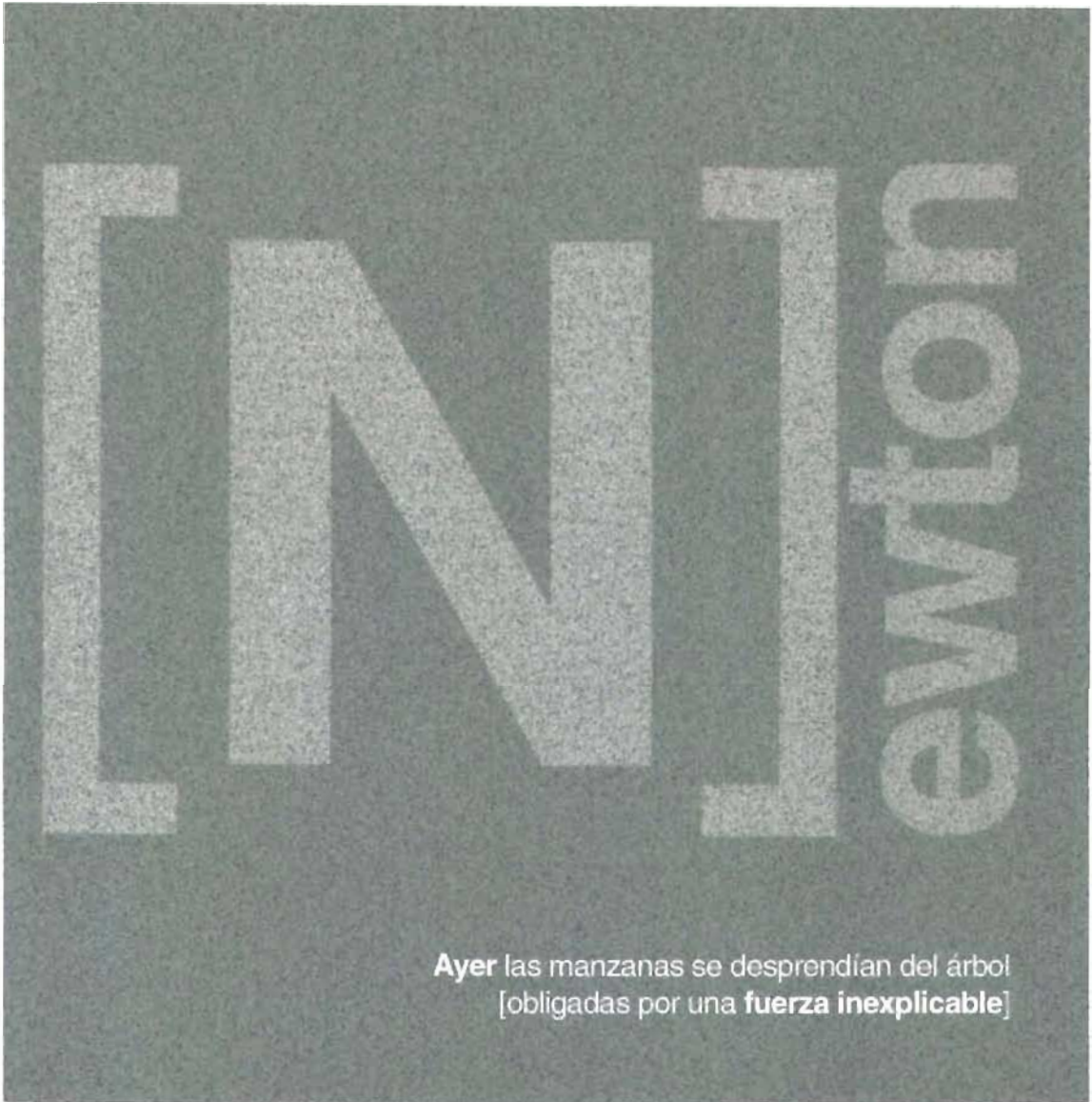


Gestern machten sich die **Äpfel** los vom Baum

[N] ewton



[verpflichtet durch eine **unerklärliche Kraft**]





Heute morgen

hält ein schwarzes
Loch

die **Gestaltung** meiner **Galaxie...**



Esta mañana
un agujero negro mantiene
la configuración de mi galaxia...



... y el Sol,
y las rocas,
y las manzanas,
[y tú y yo]
**deformamos el tejido
del espacio-tiempo**

[E]instein

Lo interactivo de Gravedad

El texto escrito depende del visual, y viceversa, especialmente en el último cuadro, en el cual no se describe la teoría si no es a través de la ilustración. La versión para el científico está en alemán y tiene la opción de leerse en español⁶⁶.

- La secuencialidad de la narración se expresa desde distintas perspectivas: sea que se sepa cuándo aparecieron cada uno de los modelos y en qué orden cronológico; sea deduciendo por los indicadores de deixis temporales “antier”, “ayer” y “esta mañana”; sea visualmente, ya que se intentó reforzar el orden haciendo que los cuadros tuvieran una gradación tonal de más claro a más oscuro -en la versión en alemán se expresa también en la parte posterior de los cuadros, que van de más oscuro a más claro. En este caso fue importante dejar bien claro cuál es el orden de los cuadros para que se pueda encontrar la coherencia total del texto.

- Se aplica la estrategia de *indirección* recomendada por los literatos. Se apela a la intuición del lector. En efecto, nunca se menciona la palabra “gravedad”, pero todos sabemos lo que es, *lo que se siente*, y por lo tanto podemos interpretarla, *intuirla* en el texto. Por ello se comenzó reforzando la idea de *caída* para pasar a la idea de *propiedad de los cuerpos*, y que entendamos que todas estas ideas se relacionan con lo que sentimos. Esto constituye un *primer concepto de diseño*. La constante llamada a lo sensible, a lo que intuimos por gravedad, puede proporcionarnos tanto la pista como la estrategia de lectura. El hallazgo se encuentra en ‘sentir’ que se está hablando de gravedad, y como veremos, en descubrir que se está representando a la ciencia de una manera muy particular.

- Con el conjunto de ilustraciones no se intenta enseñar sobre gravedad. No es, a fin de cuentas, un texto explicativo. Indica de qué trata cada uno de los modelos, y cómo ha cambiado la noción de gravedad, pero no explica puntillosamente nada al respecto. Sólo se invita a comprender, a descifrar un estímulo que resulta ser un fenómeno cotidiano que la ciencia estudia; incluso, si uno se queda con las dudas o la curiosidad, puede saberse por dónde comenzar a indagar porque se encuentran los nombres de los personajes y de qué trata más o menos lo que proponen.

- Cada uno de los cuadros invita a ser comprendido, entendido y como veremos, se puede estar o no de acuerdo con la idea general *sobre ciencia*. Se incita a hacer un recuento secuencial para comprender la totalidad de la idea, totalidad que tiene que ver con nuestro *segundo concepto de diseño: la representación de ciencia como contingencia y construcción continua, como actividad creativa que cambia constantemente*.

Explicaré a qué me refiero: el juicio de valor que pueda hacerse no reside únicamente en el tema científico, es decir, en el concepto mismo de gravedad –si bien se puede poner a juicio cuál modelo es el que cada uno admite como explicación propia. El juicio valorativo también puede hacerse sobre *la concepción de ciencia que se argumenta*. Se puede estar a favor o en contra de esta manera de concebir la ciencia. Es decir, el texto puede funcionar tanto para un lector general, como para el amigo físico: existe la posibilidad de hacer juicios de valor de distintos niveles y en distintos tópicos.

La ciencia como concepto en Gravedad

- Los nombres de los personajes se encuentran a manera de pistas, para que sepamos quién propuso qué. También fueron expresados para que, si sabemos algo de ellos de antemano, comencemos a establecer relaciones entre lo dicho y lo que ya sabemos. Son elementos

contextualizadores. Aunque no sepamos mucho, sí hemos escuchado de Aristóteles, de Newton, de Einstein, o de un agujero negro, o de alguno de éstos. El tercer cuadro carece de nombres porque en nuestros días -cuando se supo que la configuración de la galaxia se mantenía sólo si había un objeto supermasivo en el centro de ésta-, los hallazgos científicos se realizan no por una o dos personas, sino por enormes equipos de trabajo.

En fin, los nombres funcionan como pistas, y no como representación de entes geniales fuera de contexto. Veamos por qué.

- La secuencia de cuadros representa una historia *sin crónica* de los distintos modelos de la gravedad. No se juzga anacrónicamente ni al modelo, ni a quien propuso ese modelo. No se dice que los filósofos antiguos fueron menos lógicos o racionales que los más recientes científicos; nótese que no se utilizan frases del tipo “antes los antiguos *creían* que... pero ahora *sabemos* que...”, ni del tipo “X, con su gran ingenio, resolvió lo que Y no pudo resolver”, frases que desgraciadamente abundan en muchos intentos de comunicar ciencia. Lo que se está diciendo es que la noción de gravedad ha sido descrita de distintas maneras a lo largo del tiempo porque se ha analizado desde distintos ángulos en distintas épocas. Lo que Aristóteles tenía para estudiarla eran rocas, agua y fuego. Einstein, inmerso en otro contexto, tenía telescopios, galaxias, y un enorme cuerpo de referencias teóricas.

- Se intentó contravenir la concepción de que la ciencia progresa. Se refuerza la idea de que los paradigmas/modelos/metáforas son históricos, contextuales y se presentan, así, como *contingencias* a lo largo del discurso. Las teorías científicas son contingentes, no son verdades eternas y universales. No es que una teoría sea mejor que otra; nunca se dice algo como que “se creía” o “se pensaba”: las piedras, en ese momento, en el tiempo de Aristóteles, caían por *esa* razón, y no otra. En ese contexto no había una explicación mejor o más plausible para lo observado. *Esa era la razón*. Análogamente, esta mañana la galaxia se mantiene por el combamiento del espacio-tiempo, y no por otra cosa. La teoría de la gravedad de Einstein es hoy la que describe un fenómeno que percibimos *hoy*. Cualquier teoría actual debe incluir el comportamiento de rocas, manzanas y agua, como en la época de Aristóteles, pero *hoy* debemos dar cuenta también de las galaxias, de los agujeros negros y de las estrellas de neutrones, porque hoy existen esos objetos. *No existieron antes*⁶⁷.

Que los cuadros tengan como pistas el “antier”, el “ayer” y el “hoy” nos hace pensar que *no sabemos qué será mañana*. Quizá mañana habrá otro paradigma, otro modelo. Quizá deba añadirse, años en el futuro, un nuevo cuadro que describa un modelo para nosotros *hoy* desconocido, inviable o incoherente, que dé cuenta de cosas que hoy no vemos ni hemos concebido.

En los cuadros hay una enunciación de corte *argumentativo* con respecto a la historia de las teorías que describen la gravedad. Se puede hacer un juicio de valor al respecto: se puede juzgar la serie de cuadros con un simple ‘bello-feo’, pero también se puede estar o no de acuerdo, discutir, e incluso, proponer. Se brinda la posibilidad de ejercer distintos niveles de juicio y de que cada quien construya su propio hallazgo. El hallazgo está en descifrar el tema científico -gravedad- y en darse cuenta de la contingencia del conocimiento científico.

Notas:

- 1 Pocos son quienes, cuando se inician en el ámbito de la comunicación de la ciencia, toman conciencia de que cada proyecto que emprenden habla no sólo de un tema científico, sino también del concepto de ciencia de una cierta manera; más aun, pocos se percatan de que el concepto que tienen de ciencia casi siempre es prejuicioso.
- 2 Tal manera de concebir el quehacer científico puso en aprietos a la comunidad científica de la Alemania nazi. Cuando los nazis comenzaron a deshacerse de los judíos, incluyeron a los investigadores que ejercían en las universidades alemanas: pidieron a las autoridades de los grupos de trabajo científicos que retiraran a los investigadores judíos de sus puestos. Los científicos –entre ellos Heisenberg y Planck- permitieron que esto sucediera para no verse involucrados en algo político, es decir, algo que consideraban externo a la investigación científica pura, objetiva y desinteresada que ellos preconcebían. Ya conocemos las consecuencias que esta postura tuvo para la comunidad científica alemana y para la sociedad alemana en general.
- 3 Como ejemplo léase a Brian Greene en su 'universo elegante': afirma rotundamente que todas las teorías anteriores para explicar el universo fueron inventadas –y por lo tanto, son sólo aproximaciones-, mientras que la teoría de las supercuerdas –la última, la que explica en su libro- está siendo descubierta, o sea, es la verdadera. Es decir, asume que las supercuerdas están ahí, en la naturaleza: son la naturaleza misma, no una explicación o modelo a un fenómeno de la naturaleza. La confusión entre el modelo y la realidad siempre ha existido. El libro es estupendo, pero sigue reforzando la idea de que la ciencia actual es mejor que la del pasado, y que ahora sí estamos descubriendo "la verdad". Greene, Brian, *El universo elegante*. Colección Drakontos, Ed. Crítica-Planeta. Colombia, 2000. 471 págs.
- 4 Chalmers, Alan F. *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Siglo XXI Editores. México, 1984. Pág. 13. Antes de la revolución científica del S. XVII los 'filósofos naturales' hacían sus razonamientos partiendo de supuestos que habían hecho Aristóteles y algunos de sus contemporáneos, es decir, de ideas que surgieron más de tres siglos antes del nacimiento de Cristo.
- 5 Chalmers, Alan F. 1984: 16.
- 6 Volveré a este punto cuando trate la sociología de la ciencia.
- 7 Chalmers, Alan F. 1984: 42.
- 8 Véase *Modelos mentales: las orejas de Saturno* en 2.4.3. *El texto visual como materialización de modelos mentales y generador de modelos mentales*.
- 9 Chalmers, Alan F. 1984: 54.
- 10 Los falsacionistas explican que tales aventuras deben estar, sin embargo, regidas por ciertas pertinencias para que no sean simplemente locuras o ideas descabelladas. Chalmers, Alan F. 1984: 77.
- 11 Chalmers, Alan F. 1984: 69.
- 12 Chalmers, Alan F. 1984: 95.
- 13 Pues recordemos que las órbitas, según observaciones más detalladas, no son circulares, sino elípticas.
- 14 En la nota 10 afirmé que los falsacionistas descartan ciertas estrategias para hacer que una teoría se ajuste a la "realidad". Pues bien, la estrategia de Copérnico, la inserción de los epiciclos, es justamente uno de los elementos que los falsacionistas indican que no se debe usar para configurar una teoría: los ajustes *ad hoc* para evitar las discrepancias entre la teoría y lo observado. Bajo esta norma falsacionista, Einstein también habría cometido 'fraude', pues cuando introdujo su "constante cosmológica" a la teoría general de la relatividad, lo hizo presuponiendo que el universo era estático. Sólo con el anexo *ad hoc*, Einstein podía hacer coherente su teoría con lo que se creía en el momento –que el universo era estático. Más adelante afirmaría que ese fue uno de los grandes errores de su carrera. Einstein no supo que, en nuestros días, la idea de su constante cosmológica está volviendo a considerarse porque lo que nuestras teorías predicen no se ajusta con lo observado por el telescopio Hubble.
- 15 Cuando Kepler (1571-1630) –con base en las observaciones del astrónomo Tycho Brahe- propuso que las órbitas tienen forma elíptica. Sólo entonces se pudo abandonar la necesidad de usar epiciclos dentro de órbitas circulares para ajustar las teorías a las observaciones.
- 16 Y si no me cree, le tengo un reto a su concepción del mundo. Hay una teoría matemática que refuta la idea de que nuestra Tierra sea una suerte de esfera de tres dimensiones espaciales. No hay manera de comprobar que no sea, en realidad, un segmento, una 'rebanada' de toro –la figura geométrica en forma de dona- de un universo de cuatro dimensiones espaciales. No hay manera de comprobar que la Tierra no sea una 'rebanada' tridimensional de una rosca hiperdimensional. No hay experimento que false una u otra teoría, y bajo esta perspectiva, *ambas son válidas*. Para ver más al respecto léase la explicación del cuadro 4 en *Influencias de las disciplinas enunciadas en Gravedad*, en 2.5.5.
- 17 Kepler hizo tal descubrimiento –el de las órbitas elípticas-, porque tenía el antecedente de la propuesta de Copérnico. Para Kepler fue muy difícil aceptar que las órbitas fueran elípticas. Después de todo, él era un hombre religioso y muy creyente, y afirmar que las órbitas eran elípticas implicaba que el cielo no era perfecto. El círculo es perfecto, la elipse no lo es, y que el cielo rígera sus movimientos por una figura imperfecta era algo totalmente inaceptable. Contravenía toda creencia y fe de la Europa de inicios del siglo XVII.
- 18 Chalmers, Alan F. 1984: 135.
- 19 Veremos cuáles son los problemas del juicio anacrónico en el siguiente apartado.
- 20 Chalmers, Alan F. 1984: 137.
- 21 Shapin, Steven, *La revolución científica: una interpretación alternativa*. Paidós Studio. Ed. Paidós. España, 2000. Pág. 21
- 22 Aristóteles vivió del 384 al 322 a. C. Nació en Estagira, Grecia. Su padre era médico del rey Amintas III. Por ello, Aristóteles debió haber tenido relación con la corte macedonia y la vida palaciega. Cuando tenía diecisiete años se mudó a Atenas para estudiar. Ahí fue discípulo de Platón. Durante toda su vida se dedicó al estudio de la naturaleza y a propiciar que otros hicieran lo mismo.

- 23 A diferencia del mundo supra-lunar, que era perfecto e inmutable, donde habitaban los dioses.
- 24 Newton fue todavía un filósofo natural, no un científico. Era religioso y estudiaba teología tanto como estudiaba a la naturaleza, pues para él no había una separación lógica entre la filosofía natural y la teología. ¿Eso lo hace menos válido, menos racional o menos 'científico'?
- 25 Agradezco a Gerardo Hernández, matemático del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, el CINVESTAV, por el ejercicio que aquí reproduce.
- 26 Por eso los ingenieros que diseñan el metro en la Ciudad de México no necesitan recurrir a cálculos relativistas para construir eficientemente el transporte público. Basta con la mecánica clásica, la de Newton, para hacerlo.
- 27 Tómese en consideración todo lo anterior cuando más adelante se justifiquen los cuadros sobre gravedad.
- 28 Aunque debe aclararse que el resultado de su experimento no fue ni tan concluyente, ni tan evidente. El experimento intentaba medir la velocidad de la Tierra con respecto al éter absoluto del universo, y no, como se cree erróneamente, medir la velocidad de la luz. Las características del experimento imponían una serie de condiciones muy difíciles de cumplir para que las mediciones fueran precisas, y no fue sino hasta casi mediados del siglo XX, cuando ya no era coherente medir la velocidad de la Tierra con respecto al éter –pues el éter había dejado de existir en el universo desde la primera década del siglo XX con Einstein y sus teorías, es decir, el paradigma había cambiado–, que se comprobó que la velocidad de la luz era constante en el vacío.
- 29 Para conocer cómo fue que se comenzó a creer que el experimento de Michelson y Morley confirmaba la teoría especial y general de Einstein léase Collins, Harry y Trevor Pinch, *The Golem: what everyone should know about science*. Cambridge University Press. 1993.
- 30 Bordieu, Pierre. *El oficio de científico. Ciencia de la ciencia y reflexividad*. Colección Argumentos. Ed. Anagrama. España, 2003. Pág.12.
- 31 En México, por ejemplo, tenemos el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), que evalúa, primero, si un aspirante es candidato viable a pertenecer a la comunidad científica a partir de su currículum. Toma en cuenta, entre otras cosas, la cantidad de publicaciones que cada científico genera con vistas a comunicar sus descubrimientos. Después evalúa las veces que esa publicación – llamado "paper" – ha sido citado por el resto de la comunidad científica; revisa si el científico tiene estudios de posgrado, en dónde y en qué área, si ejerce la investigación y/o la docencia. El SNI hace un recuento del número de conferencias, congresos, ponencias y eventos análogos que sirven para que el científico comunique sus hallazgos. Con estos y otros parámetros semejantes, el SNI establece la valía y los estímulos que cada científico debe tener como el sueldo y las prestaciones, pero sobre todo, establece el nivel de prestigio que cada científico en nuestro país posee.
- 32 En relación a lo que ya apuntaba Kuhn, el paradigma guía la investigación, y sólo un iniciado y experto en ese paradigma puede encontrar las anomalías que en lo sucesivo generen una revolución, es decir, un cambio de paradigma. Chalmers, Alan F. 1984: 129-133.
- 33 Bordieu, Pierre. 2001: 40.
- 34 Véase el apéndice 3 para conocer estas estrategias discursivas.
- 35 Tomado de Bordieu, Pierre. 1984: 49.
- 36 Ziman, John. La credibilidad de la ciencia. Alianza editorial. España, 1978. P.p. 20-23.
- 37 Bordieu, Pierre. 2001: 42.
- 38 Bordieu, Pierre. 2001: 43. Las cursivas son mías.
- 39 Hay una muy buena película de corte sociológico llamada «And the band played on», de Warner Brothers, que retrata justo lo que acabo de reseñar.
- 40 Latour, Bruno. *Science in action*. Harvard University Press. Estados Unidos, 1987. P.p. 63-176.
- 41 Y esto no es un hecho privativo de la ciencia actual. Galileo, por ejemplo, tuvo que dedicar sus recientes descubrimientos a los Médici para que éstos, a su vez, le garantizaran el mecenazgo, la entrada a ciertos círculos sociales y la protección contra la ira eclesiástica que sus afirmaciones pudiera despertar.
- 42 No me refiero aquí a la teoría de la relatividad de Einstein, sino a la postura filosófica relativista cuya uno de sus representantes es Paul Feyerabend, quien afirma que "todo se vale". El problema con este tipo de posturas es que, como veremos, no dan cuenta de los éxitos de la ciencia.
- 43 Precisamente por eso debemos terminar con la imagen irreal, positivista, de la ciencia. Cuando no se tiene una idea más aproximada de lo que la ciencia es, se pueden afirmar toda clase de cosas que no tienen que ver con la ciencia como tal; se puede esperar que la ciencia haga cosas que van más allá de su alcance.
- 44 Éxito como logro al describir la naturaleza, no como algo necesariamente benéfico.
- 45 Característica que no es privativa del ser humano. Hay otras especies que también tienen tecnología, como los topos que hacen sus presas en los ríos, o los monos que usan palitos tallados para sacar hormigas o termitas de los árboles.
- 46 Monod, Jacques. *El azar y la necesidad*. Colección Metatemáticas. Tusquets Editores. España, 1981. P.p. 15-31.
- 47 Fenotipo: las características físicas, externas, de los individuos. Es diferente del genotipo que, recordemos, incluye las características inscritas en el ADN a manera de instrucciones. No todo lo inscrito en el genotipo se manifiesta en el fenotipo. Por eso podemos transmitir características a nuestros descendientes que nosotros, en apariencia física, no tenemos, pero que sí tenemos "ocultas" en el código genético: puedo tener ojos cafés y tener un hijo con ojos azules porque alguno de mis antepasados tuvo ojos azules y dejó inscrita esa instrucción en mi propio código. Aunque no se manifestó en mí –en mi fenotipo–, sí está en mí –en mi genotipo–, y puedo transmitirla a mi descendencia.
- 48 Dawkins, Richard. *The extended phenotype*. University of Oxford. Gran Bretaña, 1983.
- 49 Sería como negar al arte o al pensamiento místico. El humano pudo sobrevivir porque tiene la capacidad de proyectarse hacia el futuro, de escapar a las contingencias de su propio presente. Ciencia, arte y misticismo son manifestaciones representacionales de esta capacidad proyectiva. Todas son maneras de



enfrentar la naturaleza, de explicarla y de encontrar sus invariancias. Como queda más o menos implicado a lo largo de esta tesis, cada una de ellas tiene su ámbito propio de alcance y pertinencia. Yo, personalmente, he quedado atrapada por la representación científica del mundo, pues ha logrado satisfacer no sólo mis necesidades de tipo material. También ha alimentado mi lado espiritual.

50 Harry y Trevor Pinch. *The Golem: what everyone should know about science*. Cambridge University Press. 1993.

51 Collins y Pinch. Op. cit. págs. 142, 143.

52 *Ibid.*

53 Feyrabend, Paul. *Adiós a la razón*. Ed. Tecnos. España, 1984. Tercera edición en español.

54 Llamo así al conjunto de cuadros que explicaré porque no tengo manera de referirme a ellos de otra forma, pero en realidad, el proyecto no tiene título.

55 Quien además resulta ser un excelente comunicador de la ciencia. Esto demuestra que tampoco se trata de despreciar a los científicos dentro de la comunidad de comunicadores de ciencia nada más porque sí. La idea es que, finalmente, comuniquen la ciencia quien mejor pueda hacerlo.

56 Me hubiera gustado mostrar con alguna fotografía cómo quedan montados, y el montaje que se ha elegido, pero todavía están en producción. Lo único que puedo hacer, dadas las circunstancias, es mostrar un boceto de cómo estarán montados en el apéndice 7.

57 Ya vimos que mejorar no es correcto porque no hay manera de mejorar un modelo si se toma en consideración los conocimientos, instrumentos, ideas y contexto específico de cada época. El modelo es lo que puede existir dadas sus propias circunstancias. En este sentido, *el modelo cambia porque el conocimiento, los instrumentos, las ideas y los contextos también han cambiado*.

58 Un buen libro para cotejar esta afirmación es el antes citado de Steven Shapin, *La revolución científica*.

59 Que considero lo es porque expresa una narración temporal-secuencial y contiene todos los referentes conceptuales de lo que habrá de ilustrarse

60 En Los juicios anacrónicos no sirven para comprender la naturaleza de los eventos, incluido en 2.5.2. *La historia de la ciencia*, se explica la teoría de Aristóteles sobre la caída de los cuerpos.

61 No podemos ni siquiera imaginarlo. Sólo podemos describirlo con los instrumentos de la matemática.

62 Por más que intentemos imaginar, por ejemplo, un cubo al cual le podemos ver todos los lados, por dentro y por fuera, al mismo tiempo, ¡no podremos! Sabemos que, en efecto, tiene seis lados, que cada vértice del cubo tiene 90°, pero no podemos verlos simultáneamente así. Necesitamos girar al cubo para apreciarlo desde distintos ángulos. Es decir, no lo podemos ver todo al mismo tiempo. Sólo puede ser visto así en un lugar –un universo– donde haya posibilidad de que las cosas se representen en cuatro dimensiones. Al cubo que puede verse todo al mismo tiempo, por dentro y por fuera, se le llama *hipercubo* o *teseracto*. Véase una explicación de las múltiples dimensiones –y quizá así pueda encontrar un camino para resolver el acertijo de la nota que se refiere a la “rebanada” de hiperdona celestial– en Guevara Villegas, Aline, *Dentro del Cubo*. Colección La otra escalera, Ediciones Castillo. México, 2005.

63 De manera similar, una estrella de neutrones, que tiene una gran cantidad de masa, deformará el espacio-tiempo más que un pequeño planeta como el nuestro, que tiene mucha menos masa.

64 Esta analogía nos permite entender cómo es que los planetas “caen” en órbita: no tienen la velocidad suficiente como para escapar a la deformación del espacio-tiempo del Sol, pero sí como para no ir a parar donde está el propio Sol y achicharrarse. Una órbita es un equilibrio entre la tendencia a caer en el combamiento del espacio-tiempo del Sol y la tendencia de salir disparado al espacio por la inercia de la velocidad con la que el propio planeta se desplaza.

65 La Tierra también responde a nuestro combamiento, pero nuestro efecto es tan pequeño en comparación a aquél hecho por nuestro planeta, que la respuesta de la Tierra es imperceptible.

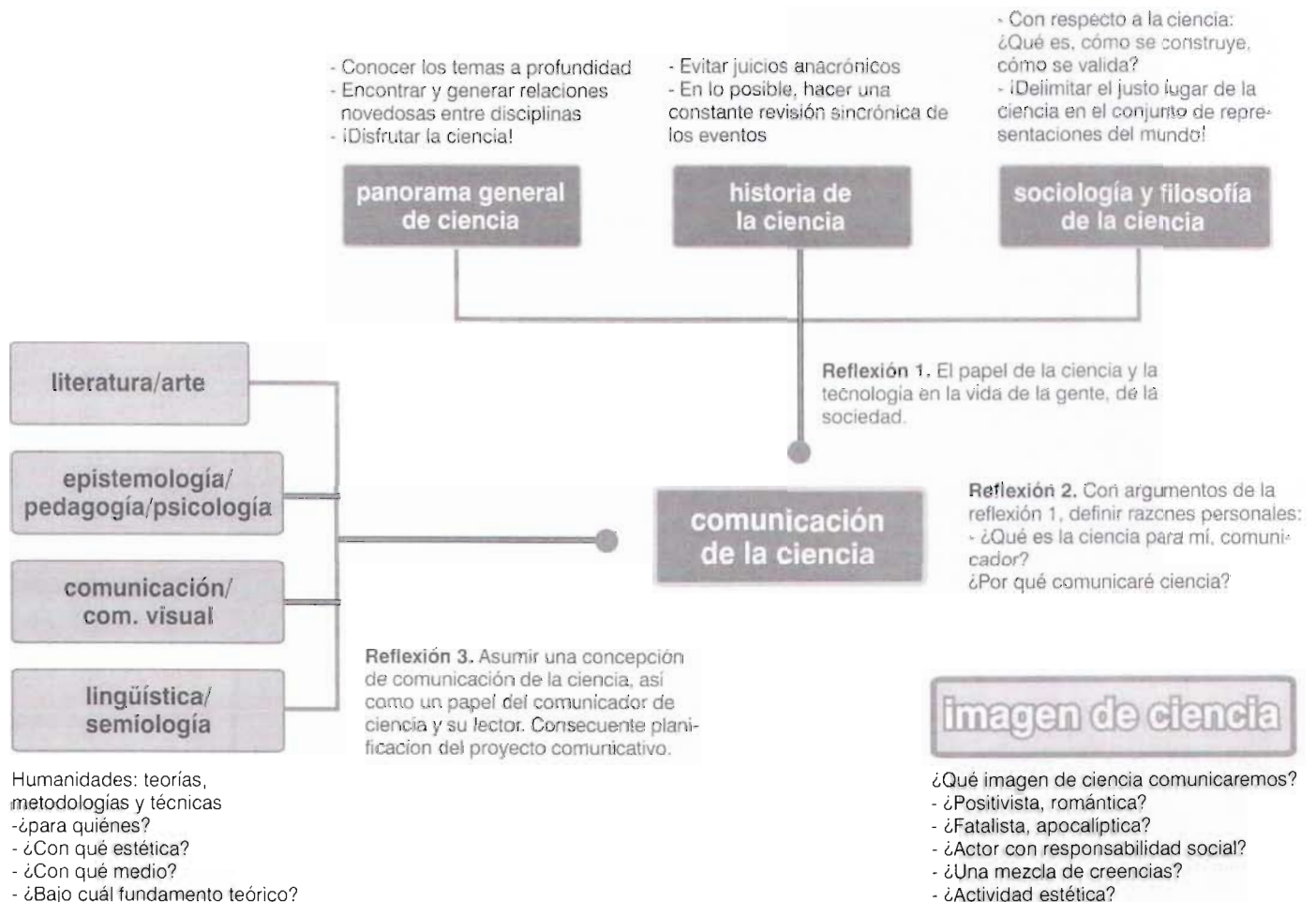
66 Se está preparando una versión para el público de la revista *¿Cómo ves?* Si bien la estética del texto visual parece ser la apropiada –pues ya ha sido probada con anterioridad y, como prescinde del elemento de montaje, pierde cierto carácter sobrio–, el idioma evidentemente necesita cambiarse. También se retirará la posibilidad de voltear los cuadros, pues sólo se imprimirá en un par de páginas. Se está considerando eliminar la fórmula matemática del último cuadro –la ecuación sobre el tejido cuadrículado–, pues es un elemento que, si bien significa muchísimo para el físico, tiene poco significado para el lector de la revista, y si consideramos que puede comprometer la interpretación del texto visual.

67 No intento decir que las galaxias no estén realmente ahí. Ese asunto no puede resolverse en esta tesis. Si las cosas están realmente ahí, o son parte de nuestra mente es un embrollo filosófico que Descartes en sus *Meditaciones* ya reflexionaba y que en la película ‘Matrix’ se retoma. Lo único que afirmo cuando digo que no existían en la época de Aristóteles es que en ese entonces no se conocía de su existencia, así que para cualquier teoría de la época, las galaxias, los agujeros negros y las estrellas de neutrones no tenían por qué ser considerados. Ninguna teoría debía dar cuenta de ellos *porque simplemente no habían aparecido en escena*.

CONCLUSIONES

Espero haberme explicado cuando me refería a que no basta con formarse en comunicación visual para poder abordar con éxito un proyecto de comunicación de la ciencia.

He aquí un cuadro sinóptico de la relación que las disciplinas enunciadas guardan con la comunicación de la ciencia.



Podemos ver que en este cuadro se encuentra, cómo no, la comunicación visual, y que constituye un buen punto desde dónde comenzar si lo que se desea en el futuro es ser comunicador de ciencia. Podemos apreciar, sin embargo, que no es suficiente con esa única formación, pues faltan argumentos para contestar preguntas apremiantes, y que los argumentos que responderán a estas preguntas sólo surgen del estudio de otras disciplinas –si bien el comunicador visual ya debiera tener una sólida formación con respecto a su papel en el proceso de comunicación:

- A partir de las disciplinas que enriquecen el discurso de la ciencia podemos preguntarnos cómo nos hemos asumido nosotros, comunicadores, y cómo hemos

- Por lo tanto, debe exigir que le proporcionen instrucciones precisas sobre lo que debe visualizar. Contrariamente a lo que con frecuencia le exigen, no tiene la obligación de arreglar textos, corregir información ni encontrar problemas representacionales. El comunicador visual no tiene por qué construir metáforas que expliquen modelos científicos. En definitiva, no tiene por qué ser responsable del fracaso de un proyecto de comunicación científica debido al mal desarrollo de las estrategias del discurso de comunicación de ciencia.
- La responsabilidad del comunicador visual radica en el correcto uso de las estrategias visuales y de la elección del medio. De ser posible, la estética del proyecto sí es su total responsabilidad, siempre y cuando esto no encuentre sus límites en ciertas pertinencias que la información científica le imponga. Si tal es el caso, es responsabilidad del director del proyecto indicar al comunicador visual tales restricciones.

El comunicador visual debe ser muy articulado y certero en sus justificaciones de diseño, y debe encontrar las maneras de establecer una buena comunicación y ser digno de confianza profesional para que su labor sea respetada por el resto del equipo. Debe respetarse a sí mismo y a su labor para que pueda infundir respeto en otros.

- La funcionalidad es sólo responsabilidad parcial del comunicador visual, en cuanto a justificación y correcto uso del medio, en caso de que pueda asignarlo. En todo caso, el que mejor puede definir qué medio visual debe usarse es, precisamente, el comunicador visual. Que un equipo de trabajo no acepte este hecho constituye un error de juicio irremediable durante todo el proceso de trabajo. *Si un comunicador no define el medio, nada podrá hacerse después.*
- *Ser comunicador visual de la ciencia*, de la misma manera que hay comunicadores de ciencia escrita, de radio y museólogos:
 - Todo aquél que desee hacer un guión de museo, de multimedia, un editor de revista o un guionista de audiovisual no tiene suficiente con la formación inicial, sea cual fuere –museólogo, científico, comunicador, etc. Necesita conocer sobre el discurso de la comunicación de la ciencia, así como las reflexiones que ya vimos han hecho otras disciplinas. Debe ser consciente de su imagen como comunicador, de cómo concibe su comunicación de la ciencia y del concepto de ciencia que ha asumido.
 - El comunicador de ciencia es, en conclusión, un *especialista*. Desgraciadamente, es tanto lo que debe quedarle claro que no es suficiente con la experiencia. Debe informarse constantemente sobre el concepto de ciencia y sobre su propio discurso.
 - Debe quedar asentado que asumirse dentro de uno u otro grupo no hace a uno menos capaz o profesional que el otro. Esta distinción no define un orden jerárquico de poderes, sino un orden de trabajo en el proceso de comunicación de la ciencia. El comunicador visual de ciencia puede hacer un guión que luego comunicadores visuales podrán materializar sin ningún detrimento del proyecto. Debe quedar claro lo siguiente: *ambos grupos de comunicadores son necesarios para completar el plan*. Sin unos y sin otros no habrá manera de construir todo lo necesario para crear una revista, una sala de museo, un taller. Ambos son imprescindibles y deben ser respetadas sus áreas de competencia. Si no se confía mutuamente, se invadirán áreas de competencia, se faltarán al respeto a la capacidad profesional y, por ende, el resultado puede ser infortunado.

Hartz, Jim y Rick Chappell, *Mundos separados*. Colección Divulgación para divulgadores. DGDC/UNAM, México, 2001.

Calvo Hernando, Manuel, *Periodismo científico*. Ed. Paraninfo. España, 1977.

Calvo Hernando, Manuel, *Divulgación y periodismo científico: entre la claridad y la exactitud*. Colección Divulgación para divulgadores. DGDC/UNAM. México 2003.

Salgado, Kenia (ed.), *Coloquio interno sobre divulgación de la ciencia*. DGDC, UNAM. México, 2000.

Cristerna, Salvador. *Aspectos teóricos de la divulgación científica*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM. México, 2002.

Estrada, Luis, “La comunicación de la ciencia”, en *La comunicación de la ciencia* (et. al.) Colección Cuadernos de extensión universitaria. UNAM, 1981.

Chávez Arredondo, Nemesio (comp.), *Serious Questions*. En *Todo por saber*, DGDC/UNAM. México, 1999.

Sánchez Mora, Ana María, *La divulgación de la ciencia como literatura*. Colección Divulgación para divulgadores. DGDC/UNAM, México, 1998.

López Beltrán, Carlos. “La creatividad en la comunicación de la ciencia”. *Naturaleza*, no. 5. 1983.

Tappan, Martha, y Aarón Alboukrek, “El discurso de la comunicación de la ciencia”. *Ciencia*, 1992.

Bonfil Olivera, Martín y Martha Tappan, “Los términos científicos: su nacimiento y comportamiento en sociedad”. *Ciencia*, no. 44, 1993.

Bonfil Olivera, Martín, *La divulgación científica: ¿de qué se trata todo esto?* Coloquio interno sobre comunicación de la ciencia. DGDC/UNAM. México, 2000.

Bonfil Olivera, Martín, “El contrato educativo y la comunicación de la ciencia”. *Comunicar ciencia*, año 10, núm. 37, enero-marzo, 2002.

Bonfil Olivera, Martín, “Qué es y qué no es divulgación”. *El Muégano Divulgador* no. 25. DGDC/UNAM. México, 2004.

Ísita Tornell, Rolando, *Ciencia y propaganda en España: la información científica en ABC, Diario 16 y El país en 1986*,

BIBLIOGRAFÍA

- Costa, Joan, *La esquemática, visualizar la información*. Colección Paidós Estética. Ed. Paidós. 1998.
- Tufte, Edward, *Visual explanations*. Graphics Press. Estados Unidos, 1997.
- Tufte, Edward, *Envisioning information*. Graphics Press. Estados Unidos, 1990.
- Viglietti, Mario, *La psicología de la forma y la Gestalttheorie*. Colección Prontuarios gráficos 3. Ediciones Don Bosco, Barcelona. 1975.
- Willows, D.M. y Houghton, H. A. (ed.), *The psychology of illustration: vol. 1, basic research*. Springer-Verlag. Estados Unidos, 1987.
- Prieto Castillo, Daniel. *Diseño y comunicación*. UAM Xochimilco. México, 1987.
- Sartori, Giovanni, *Homo videns: la sociedad teledirigida*. 2a. ed. Ed. Taurus. 2001
- McLuhan, Marshall, *La comprensión de los medios como las extensiones del hombre*. Ed. Diana. México, 1975.
- Adame, Goddard, Lourdes. *Guionismo*. Ed. Diana. México, 1989.
- Zamarripa, Adán, *Los guiones para medios audiovisuales*. Manual 1. TV UNAM, México, 1998.
- Rodríguez R., Enrique, “Comunicación pedagógica”. *Revista Tecnología y comunicación educativas*. Octubre, No.14. México 1989.
- Amidon, Edmund (ed.), *Interaction Análisis: Theory, research and application*. Addison Wesley Publishing Co. Canadá, 1967.
- Molina, Alicia (ant.), *Diálogo e interacción en el proceso pedagógico*. Colecc. Biblioteca Pedagógica, SEP. Ed. El Caballito. México, 1985.
- García Venero, Marisol, “Metodología para el logro de un aprendizaje significativo. Segunda parte: variables internas y externas”. *Revista Tecnología y comunicación educativas*. Octubre, no.14, México, 1989.
- Fierro Luna, Fernando, “Características psicopedagógicas del adolescente y su referente social”. *Revista Tecnología y comunicación educativas*. Marzo, no.17, México, 1991.
- Berruecos, Ma. de Lourdes, “El otro en el discurso de comunicación científica” en *Antología, 10ª encuentro nacional de profesores de lenguas extranjeras*, CELE-UNAM. 1999.
- Berruecos, Ma. de Lourdes, “Las dos caras de la ciencia: representaciones sociales en el discurso”, en *Discurso y Sociedad, decir de la ciencia: Las prácticas divulgativas en el punto de mira*, vol. 2, núm. 2 Gedisa Editorial. Barcelona.
- Berruecos, Ma. de Lourdes, *El discurso de la divulgación*. Textos para el Diplomado en Divulgación de la ciencia de la DGDC, UNAM. México, 2003.
- Pinker, Steven, *The language instinct*. Harper Collins/Perennial Classics Publ., Estados Unidos, 1994.

Monod, Jacques, *El azar y la necesidad*. Colección Metatemas. Tusquets Editores. España, 1981

Dawkins, Richard, *The extended phenotype*. University of Oxford. Gran Bretaña, 1983.

Sagan, Carl, *Cosmos*. Ed. Planeta. España, 1980.

Gribbin, John, "The truth of the matter". *The guardian*. Enero 2004. <http://www.guardian.co.uk>

De Régules Ruiz-Funes, Sergio, *Las orejas de Saturno*. Colección *Croma*, no. 9. Ed. Paidós. 2003.

Guevara Villegas, Aline. *Dentro del Cubo*. Colección La otra escalera. Ediciones Castillo. México, 2005.

Sacks, Oliver, *An anthropologist on Mars*. Vintage Books. Estados Unidos, 1995.

Greene, Brian, *El universo elegante*. Colección *Drakontos*, Ed. Crítica-Planeta. Colombia, 2000.

APÉNDICES

documento presentado como guión

para "Habitantes del mundo cuántico"

PRIMER ACTO

Radiación del cuerpo negro

De una caja con un agujero aparecen varios fotones de distinta frecuencia F1, F2, FN

- ¡Uff! -dice foton F1- ¡Qué bueno que dejamos de estar presos!
- Tú tienes más suerte. Con tu frecuencia sales a menudo en cambio yo, pobre de mi me escapo de esta cárcel con gran dificultad -dice el F2.
- Ya no aleguen. Todos nos movemos igual de rápido, rapidísimo. Vamos hechos la raya, como la luz que formamos. Somos los más veloces y ahora que estamos libres podremos visitar otros parajes -dice F3.

SEGUNDO ACTO

Efecto fotoeléctrico

El fotón F4 choca contra una placa metálica y se aniquila. En lugar de él, aparece un electrón.

F1 grita -¡Cuidado con esa placa! Si chocan con ella, entregamos el mensaje y luego, como algunos bichos al picar, moriremos. Aparece el fotoelectrón e1.

Dice e1 -Ni modo F4 desapareció ahora yo soy libre, ya no estoy dentro de ese malvado metal, lleno de iones que me impedían andar a gusto.

Difracción de electrones

Pero e1 llega a una pared con dos rendijas. para ese entonces los mensajeros F1...FN habían ya chocado con la placa metálica y había muchos electrones e1...en. Todos buscan chocar con la pared y pasar por alguna de las dos rendijas. pero no todos lo logran.

Principio de incertidumbre

Dice e4 -Con esta incertidumbre que me cargo, no puedo ajustar bien mi camino. Si ajusto mi posición, mi velocidad se vuelve loca. Ni modo.

Dice e5 -Yo sí pude y pensé también lo lograrán muchos otros ¡ay! Choca con una pantalla y se ve la difracción.

Ondas de Broglie

Dice e6 -Con esta onda cuántica uno no sabe qué hacer. Ni modo aquí nos tocó vivir. Atrapados en la pantalla descubren que no son amigables.

Principio de exclusión

Dice e7 -Quítate de ahí no me estorbes. Te excluyo de mi órbita, yo llegué primero y aquí me gusta.

Dice e9 -A mi también me gusta estar solo no soy como esos fotones, los muy bosones, que son unos montoneros. Por cierto e7, yo caí en otro átomo, más gordo que el tuyo, y mi órbita es más grande, lero, lero.

Condensación de Bose

Dice e10 -Pues a mí me atrapó un átomo simpático, que se llama sodio y no anda en la pantalla. Se mueve mucho y me arrastra. ¡Újule! Empieza a hacer frío.

Dice e1000 -Estos átomos de sodio son muy sociables. Les gusta moverse junto con sus colegas.

Dice e18 -Nos estamos parando a fogonazos y hace un frío que espanta. Vamos a bailar todos juntos, nos movemos poco pero todos por igual.

Dice e17 -¡Uy, nos condensamos! Este baile parece un danzón, nos movemos pero muy poquito.

Ondas estacionarias de Schrödinger

Dice e14 -En todo caso, nos hallamos bien en nuestros átomos. Nuestras ondas se ajustan bien. Parecen instrumentos bien afinados.

TERCER ACTO

Protón y neutrón, dentro del núcleo

Dice P1 -Estos electrones, siempre tan danzarines, se mueven mucho. No son tan sociables, pero tienen espacio, se estorban poco. Nosotros en cambio, los protones tampoco somos amigables, pero estamos casi codo con codo. ¡Este núcleo del átomo es tan pequeño!

Dice N1 -Para colmo tenemos unos primos hermanos, que casi parecen nuestros gemelos. Gracias a Dios no tenemos carga eléctrica y podemos convivir con ustedes odiosos protones que dura para siempre.

Dice P2 -En realidad, sufrimos más que ustedes. Además de la fuerza eléctrica, también sentimos la interacción nuclear, y ésta es más fuerte. Y como pequeñas cosquillas, nos afecta además la interacción débil. No te burles, neutrón, que para decaer y dejar de darme lata.

Dice N2 -La cajita en que vivimos, este núcleo atómico inaudito, nos hace la vida difícil. Tenemos tanta energía, que cuando nos liberamos, la soltamos y podemos hacer una hecatombe. ¡Déjanos en paz!

Dice P1 -En realidad, no somos tan buenos como los amigos electrones. Nuestra preocupación, es que somos mas complejos. Me cuesta tanto mantener en orden a esos latosos cuarks. ¡Cuidado! ahí viene un neutrón lento. ¡Paass!

ilustraciones para "¿Cómo es un átomo?"

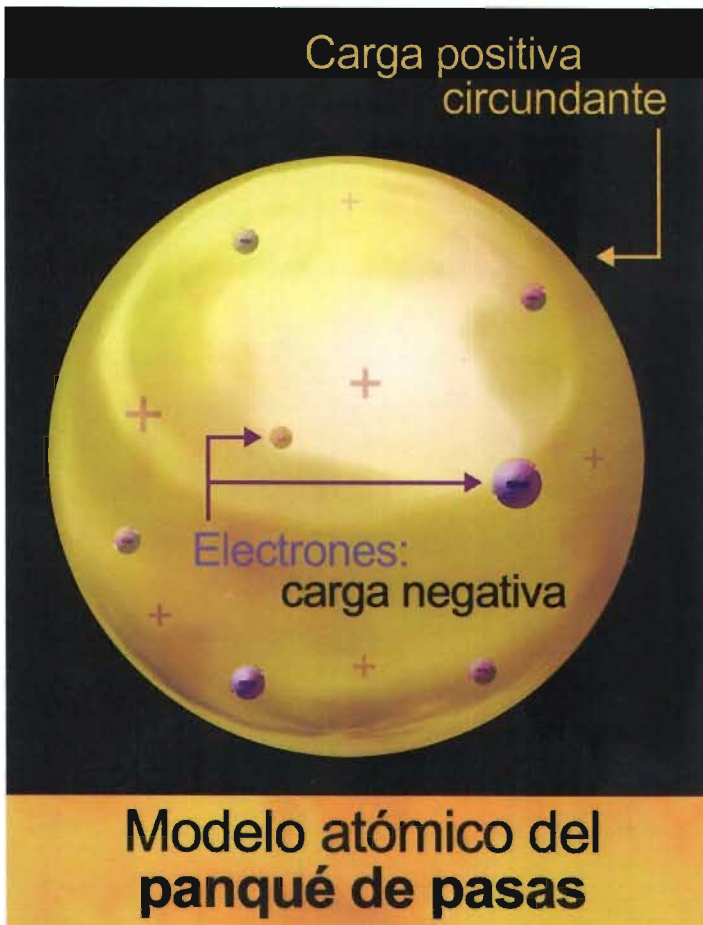
de *La ciencia de boleto*

Ilustraciones para *La Ciencia de Boleto*
 Sistema de Transporte Colectivo Metro/
 Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.
 (ilustración digital)

En "¿Cómo es un átomo?", del físico Luis de la Peña, se narra la historia del cambio de modelos de lo que en algún tiempo se pensó era el componente básico de la materia: el átomo.

Las ilustraciones complementan al texto -mismo que no pudo ser reproducido aquí, pero que pronto estará disponible en el Metro- y visualizan cómo es que este cambio de modelo ha sucedido, desde el primero, llamado "panqué de pasas", hasta el último, el modelo cuántico.

En la última ilustración no se intentó representar un átomo onda-partícula, sólo se definieron las características de una y otra. Se deja ver así que el átomo es algo distinto a lo cotidiano porque se comporta como objetos que, dado que conocemos en la vida diaria -pues vemos las ondas del agua, por un lado, y por otro, conocemos cómo se debería comportar una partícula por comparación con las pelotas, las piedras, y en general, los objetos cotidianos- sabemos que no podrían comportarse de otra manera -por ejemplo ¿cómo pedirle a una onda en el agua que se comporte como una pelota? Pues el átomo tiene justo esa particularidad de comportarse como uno y otro indistintamente.



Primer modelo del átomo

ilustraciones para "¿Cómo es un átomo?"

Nótese que ya no hay tal cosa como una representación de el átomo, dado que éste, por tener características de onda y de partícula -es decir, objetos que no son compatibles en la vida cotidiana- *no es dibujable*. No es posible representar algo con la característica de onda-partícula sin incurrir a falta en cuanto a la información científica. Entonces se optó por representar las incompatibilidades entre uno y otro estado, o sea, dar cuenta de sus diferencias. Así se deja al lector la representación final de su átomo cuántico.



Las ondas viajan con una velocidad fija y se extienden en el tiempo. También pueden interferir unas con otras, y así anularse o sumarse

Las partículas, en cambio, ocupan un espacio fijo, tienen una forma bien definida, y cuando se encuentran con otra partícula, cambian de velocidad y posición

En el modelo atómico cuántico, los elementos que lo componen ya no son sólo partículas. Electrones, protones y neutrones poseen una cualidad sorprendente: a veces se comportan igual que las ondas y otras, como partículas

estrategias discursivas*

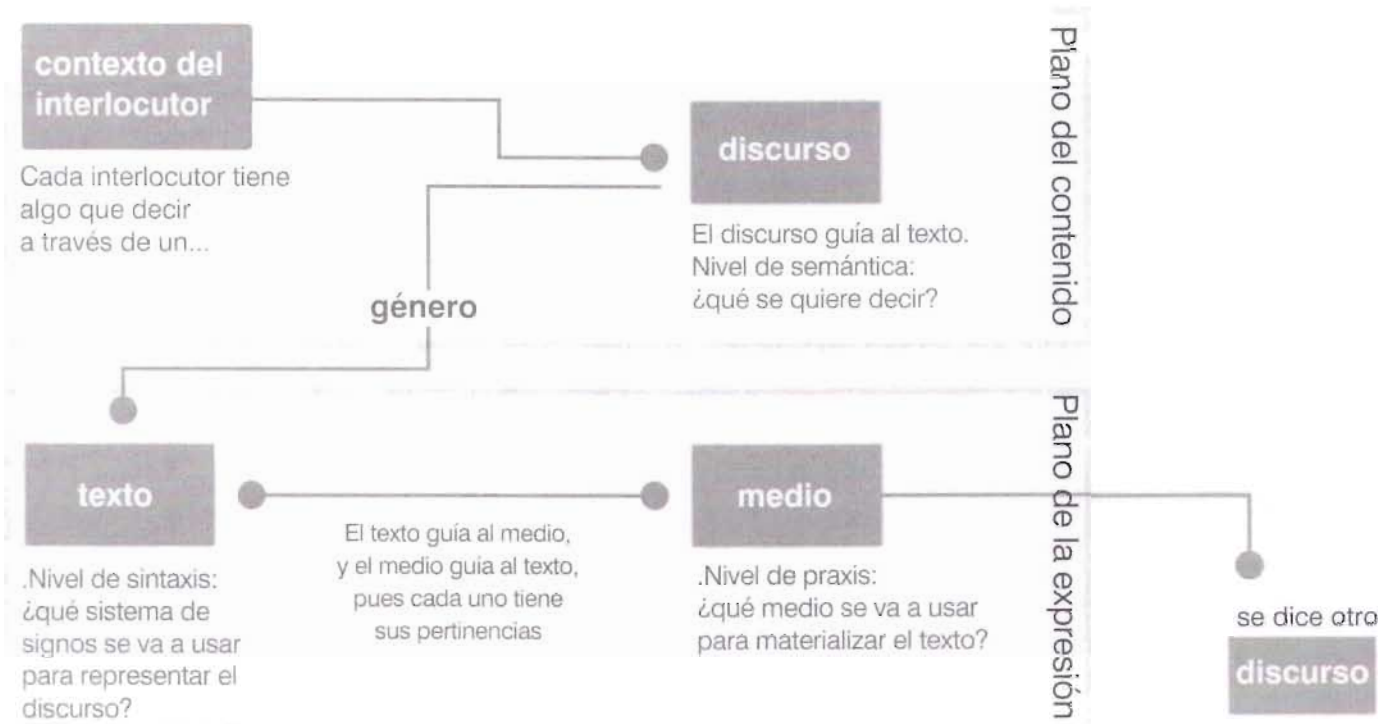
distinciones entre el discurso científico y el de comunicación de la ciencia

discurso de la ciencia	discurso de la comunicación de la ciencia
Universal	Circunstancial (delimitado en el espacio y el tiempo)
Contextualización implícita de una práctica (no se tiene que indicar de qué se está hablando, pues se supone que el interlocutor ya lo sabe)	Contextualización explícita de una práctica ajena (de la práctica cotidiana, a la científica)
Atemporal	Localizadores temporales, espaciales y no-nacionales: indicadores de deixis (conceptos antecedentes)
Impersonal. Delocutivo (sin marcas de primera persona en singular -yo)	Presencia del sujeto. Alocutivo (se convoca al tú destinatario) y elocutivo (imprime la huella del sujeto enunciador del discurso)
Esotérico (comunicado y entendido por unos pocos)	Exotérico (compartido y comprensible por todos)
Alta densidad semántica, monosémico, unívoco, no ambigüo (una sola palabra implica una serie compleja de conceptos, pero sólo significa una sola cosa)	Baja densidad semántica, polisémico, plurívoco, ambigüo (las palabras son de naturaleza ambigüa, con múltiples significados posibles)
Léxico especializado y claro	Léxico cotidiano, sencillo
Discurso base implícito. Elipsis (se retiran elementos redundantes o no pertinentes)	Metadiscurso. Requiere reformulaciones, paráfrasis, traducción de términos científicos, explicaciones, definiciones, símiles, analogías, equivalencias, explicitaciones, etc.

* Adaptado de **Berruecos, Lourdes**. *El discurso de divulgación*. VII Diplomado en divulgación de la ciencia. DGDC/UNAM. México, 2003. P.p. 12, 13.

modelo transdisciplinar de comunicación*

I. Cada uno de los interlocutores tiene su propio contexto y medios, así como un discurso a decir y producir



II. Cada interlocutor tiene su propio contexto. El significado final del discurso está dado por el contexto individual y el contexto compartido, y sólo significa de cierta forma para esa *suma de contextos*.



* Adaptado de Vilches, Lorenzo (1984:228) y Sexe, Néstor (2001:78)

“El lado oscuro del universo”

“El lado oscuro del universo”

Ilustraciones para el artículo de Sergio de Règles,
publicado en la revista *¿Cómo ves?*, no. 58
Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM

(tinta china)

La reproducción del artículo ha sido reducida para que
puedan apreciarse las imágenes en su totalidad



ALGUIEN SE acerca por la oscura ladera de la montaña. ¿Cuántos son? No lo sabemos. Sólo se ve una lucecita que sube y baja por el camino de tierra, aumentando de brillo. Nosotros somos cuatro, pero con 17 años de edad en promedio no nos sentimos muy poderosos, la verdad. A la luz de nuestra fogata, somos claramente visibles para los visitantes inesperados.

Cada valeroso expedicionario compara el brillo aparente de la lucecita con el de la linterna que lleva en la mano. La comparación da un estimado vaguísimo de la distancia: ¿unos 30 metros?, ¿o quizá 50? Esperamos con la vista clavada en la lucecita que se acerca, se acerca...

—Buenas noches—dicen tres amables lugareños que siguen de largo sin hacernos más caso.

—Buenas...

¡Qué alivio!

Dime cuánto brillas y te diré a qué distancia estás

Cuando no podemos acercarnos a un objeto luminoso (¡o no nos atrevemos!), es posible obtener mucha información analizando su luz. La suposición más sencilla es ésta: si brilla mucho, está cerca; si brilla poco, está lejos. Pero la cosa no es tan simple: ¿qué tal si está lejos, pero su brillo *intrínseco* es altísimo? La luminosidad *aparente* de semejante objeto podría ser mayor que la de otro que está más cerca pero es más tenue, y concluiríamos erróneamente que el primero es el más cercano. En aquel campamento, y apremiados por el miedo, nuestros cerebros optaron instintivamente por la solución simple: suponiendo que la linterna de nuestros visitantes tenía el mismo brillo intrínseco que las nuestras, lo tenue de la lucecita misteriosa nos daba una idea de la distancia. Desde luego, todo esto lo hicimos automáticamente, igual que calculamos sin saber física, cuánto impulso

imprimirles a las piernas para saltar de un lado al otro de un arroyo.

Los astrónomos usan el mismo método para determinar las distancias más grandes en el Universo—las que median entre las galaxias—pero lo hacen con más conocimiento que mis amigos y yo. Pueden medir luminosidades con toda precisión y saben exactamente cuánto se atenúa la luz con la distancia (un mismo objeto al doble de la distancia se ve cuatro veces más tenue; al triple, nueve veces más tenue y al cuádruple, 16...). Lo único que necesitan para saber a qué distancia se encuentra una galaxia es localizar en ella



Edwin Hubble (1889-1953).

algún objeto cuya luminosidad intrínseca se conozca: un objeto que sirva como patrón de luminosidad.

Lo que está escrito en el cielo

Usando el primer patrón de luminosidad que sirvió para medir distancias intergalácticas—las estrellas de brillo variable conocidas como *cefeidas*—el astrónomo estadounidense Edwin Hubble calculó en 1929 las distancias de alrededor de 90 “nebulosas espirales”, como se llamaba en esa época a lo que hoy conocemos como galaxias. Luego comparó sus datos con los estudios de velocidad de las galaxias, que habían hecho otros astrónomos.

Resulta que la luz de una galaxia también puede decirnos a qué velocidad se acerca o se aleja de nosotros. Una moto que pasa suena más agudo cuando viene y más grave cuando se va. Por una razón parecida, la luz de una galaxia se ve más roja cuando ésta se aleja y más azul cuando se acerca. El grado de enrojecimiento de la luz de una galaxia debido a la velocidad con que se aleja se llama *corrimiento al rojo*, y se puede medir con precisión. Los astrónomos de principios del siglo XX esperaban encontrar la misma proporción de nebulosas espirales con corrimiento al rojo (que se alejan) que con corrimiento al azul (que se acercan). En vez de eso descubrieron que todas (menos las más cercanas) presentan corrimiento al rojo. Es decir, todas las galaxias se están alejando entre sí.

Cuando, en 1929, Hubble comparó los datos de corrimiento al rojo con los de distancia, se llevó el susto de su vida: los datos se acomodaban en una bonita recta (bueno, más o menos), lo cual indica que cuanto más lejos está una galaxia, más rápido se aleja y que la relación entre distancia y velocidad es una simple proporcionalidad directa: una galaxia al doble de la distancia se aleja al doble de la velocidad, una al triple, al triple... Ésta es la llamada *ley de Hubble*, y se interpreta como signo de que el Universo se está expandiendo.

El descubrimiento de Hubble condujo al poco tiempo a la teoría del *Big Bang* del origen del Universo. Si las galaxias se están separando, en el pasado estaban más juntas. En un pasado suficientemente remoto estaban concentradas en una región muy pequeña y muy caliente—y no eran galaxias, sino una mezcla increíblemente densa de materia y energía—. Hoy en día la huella de esas densidades y temperaturas aún debería estar rondando por el cosmos, pero ya muy diluida, en forma de una

¿cómo nos?



Si bien las observaciones indicaban que había tan poca materia que el Universo debía tener curvatura negativa, la teoría —el modelo inflacionario que tanto les gustaba a los cosmólogos— exigía que el cosmos fuera de geometría plana.

De una cosa no cabía la menor duda: en cualquiera de los tres casos, la fuerza de gravedad —una fuerza de atracción, que tira hacia dentro, digamos— frenaba la expansión del Universo.

¿Dónde quedó el Universo?

Para mediados de la década de los 90 la cosmología se encontraba en la siguiente situación:

- Según el modelo inflacionario, el Universo debía contener suficiente materia y energía para que la expansión se fuera deteniendo sin nunca parar por completo (geometría plana).
- Unos estudios de la radiación de fondo corroboraban observacionalmente que el Universo es de geometría plana, y sanseacabó.
- Los recuentos del contenido de materia y energía del Universo decían categóricamente que éstas no alcanzaban ni de lejos para producir la geometría plana que exigían el modelo inflacionario y los estudios de la radiación de fondo.

Por lo tanto, concluyeron los cosmólogos, faltaba una parte del Universo. De hecho, faltaba la mayor parte: alrededor del 75% de la materia o energía necesaria para explicar que el Universo cumple con una geometría plana. ¿Dónde estaba?

Grandes explosiones, tenues lucecitas

El 15 de octubre de 1998 el telescopio Keck II, situado en la cima del volcán Kilauea, en Hawái, escudriñaba un retazo de cielo en el área de la constelación de Pegaso. Hacía unas semanas, los científicos del Proyecto de Cosmología con Supernovas (*Supernova Cosmology*

Project), dirigido por Saul Perlmutter, habían tomado fotos de las galaxias de la misma región como referencia. Al comparar las nuevas imágenes con las de referencia, vieron que en una galaxia había aparecido un punto brillante. Era una *supernova*, una estrella que hizo explosión —justo lo que estaban buscando—. La llamaron Albinoni, como el compositor italiano del siglo XVIII (Perlmutter toca el violín).

Nueve días después, el grupo —un equipo internacional de investigadores— usó el Telescopio Espacial Hubble, además del Keck II, para medir la luminosidad aparente de Albinoni, así como el corrimiento al rojo de la galaxia en la que se localiza. Al cabo de varios días confirmaron que se trataba de una supernova de tipo Ia con un corrimiento al rojo de 1.2, lo que indicaba que hizo explosión hace miles de millones de años.

Este grupo, así como el Equipo de Búsqueda de Supernovas de Alto Corrimiento al Rojo (*High-z Supernova Search Team*), dirigido por el astrónomo Brian Schmidt, se dedica a buscar supernovas de este tipo por todo el cielo. Las supernovas la son muy intensas, lo que permite verlas desde muy lejos, y alcanzan todas aproximadamente el mismo brillo intrínseco, por lo que son excelentes patrones de luminosidad. Hoy en día, las supernovas la son el patrón más usado para determinar distancias a galaxias muy lejanas. Los dos equipos de cosmología con supernovas comparan la distancia de las



Supernova SN 1994D vista con el Telescopio Espacial Hubble. La supernova (tipo Ia) es la estrella brillante en la esquina inferior izquierda.

supernovas la que descubren con el corrimiento al rojo de sus galaxias para estudiar el pasado de la expansión del Universo.

Expansión acelerada

En astronomía, mirar lejos es mirar al pasado. La luz, viajando a 300 mil kilómetros por segundo, tarda cierto tiempo en llegar a la Tierra desde sus fuentes: ocho minutos desde el Sol, unas horas desde Plutón, unos años desde las estrellas más cercanas, 30 mil años desde el centro de nuestra galaxia y muchos miles de millones de años desde las galaxias más lejanas. La luz de Albinoni y su galaxia, por ejemplo, llegó al espejo del telescopio Keck II 10 mil millones de años después de producirse la explosión.

El corrimiento al rojo de las galaxias lejanas se debe a que la expansión del Universo “estira” (es un decir) su luz. Comparándolo con la distancia a la que se encuentra la galaxia se obtiene infor-

¿cómoves?



cos y magnéticos, al que algunos cosmólogos llaman *quintaesencia*. En la teoría de la relatividad todos los campos producen atracción gravitacional por contener energía, pero la quintaesencia produce repulsión gravitacional.

La constante cosmológica, como propiedad intrínseca del espacio, no cambia con la expansión del Universo, no interactúa con la materia y no cambia de valor en distintas regiones. En cambio la quintaesencia sí podría interactuar con la materia y cambiar de valor. Otra diferencia detectable (pero aún no detectada) es que la quintaesencia acelera la expansión del Universo menos que la constante cosmológica. Los nuevos telescopios, tanto terrestres como espaciales, que se están construyendo nos ayudarán a elegir. (Por cierto, ¿no podrían ser las dos cosas?)

Adiós, mundo cruel

El Universo se va a acabar —o por lo menos se van a acabar las condiciones aptas para la vida— pero no te pongas a escribir tu testamento, aún

falta muchísimo. Con todo, es inte-

resante preguntarse cómo podría ser el final.

Antes de 1998 se consideraban, en esencia, dos posibles capítulos finales para el Universo: ¿sería la fuerza de gravedad total lo bastante intensa como para frenar la expansión e invertirla, o seguiría el Universo creciendo para

siempre? En el primer caso el Universo terminaba con un colosal apachurrón exactamente simétrico al *Big Bang*; en el segundo, la expansión seguía eternamente, diluyendo el cosmos y haciéndolo cada vez más aburrido.

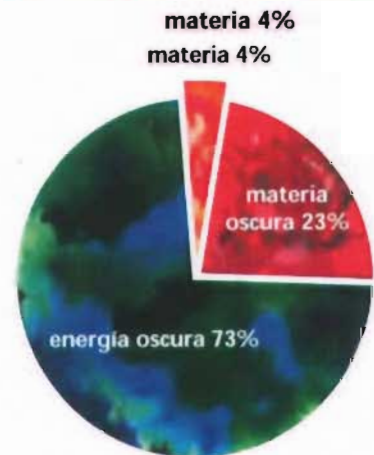
Con el descubrimiento de la expansión acelerada y la energía oscura las cosas han cambiado. Si bien aún no se puede decidir si la energía oscura es constante cosmológica o quintaesencia, está claro, en todo caso, que la posibilidad del Gran Apachurrón queda excluida. El Universo seguirá expandiéndose para siempre hasta que desde la Tierra no veamos ya otras galaxias por haber aumentado tanto las distancias que su luz ya no nos alcance.

Pero nuestra propia galaxia seguirá acompañándonos, por así decirlo. Las estrellas que la componen seguirán unidas por la fuerza gravitacional, como también seguirán unidos los planetas a sus estrellas. De modo que, pese a todo, las cosas en la Tierra seguirán su curso normal. Pequeño detalle: al Sol se le acabará el combustible en 5 000 millones de años, de modo que, más allá de ese tiempo, no se puede decir que las cosas en la Tierra sigan su curso normal, pero pasemos por alto esta minucia.

El año pasado algunos cosmólogos propusieron una variante de la teoría de la energía oscura que consiste en tomar en cuenta ciertos valores, antes desdénados, de un parámetro que la describe. Para distinguirla de la quintaesencia los científicos llamaron “energía fantasma” a la energía oscura de este tipo. No precipiten conclusiones los esotéricos: estos nombres son sólo nombres, que no llevan significado oculto ni ocultista. A los científicos les gustan los nombres llamativos, como a cualquiera.

Si la energía oscura resulta ser de tipo energía fantasma, el final del Universo será muy distinto a lo que nos habíamos imaginado. Según el físico Robert Caldwell y sus colaboradores, llegará un día,

La composición del Universo



dentro de unos 22 mil millones de años, en que la aceleración de la expansión del Universo empezará a notarse a escalas cada vez más pequeñas para producir un final que se llama *Big Rip* (el “Gran Desgarrón”). Mil millones de años antes del *Big Rip*, la energía fantasma superará a la atracción gravitacional que une a unas galaxias con otras y se desmembrarán los cúmulos de galaxias. Sesenta millones de años antes del fin, se desgarran las galaxias. Tres meses antes del *Big Rip*, el efecto alcanza la escala de los sistemas planetarios: los planetas se desprenden de sus estrellas. Faltando 30 minutos para el postrer momento, los planetas se desintegran. En la última fracción de segundo del Universo los átomos se desgarran. Luego, nada.

Espantoso, ¿verdad? Por suerte, para entonces hace mucho que la Tierra habrá dejado de existir. Qué alivio.

Sergio de Régules es físico y divulgador de la ciencia. Su libro más reciente es *Las orejas de Saturno* (Paidós, 2003), un libro escrito para leerse placidamente junto a una piscina. Su columna de divulgación aparece los jueves en el periódico *Milenio*.

¿cómo ves?

"Salvados por la enormidad"

"Salvados por la enormidad"

Ilustraciones para el artículo de Jorge Wagensberg,
publicado en la revista *¿Cómo ves?*, no. 62
Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM

(Tinta china e ilustración digital)

Salvados por la enormidad

Jorge Wagensb

EL MAYOR NÚMERO que se puede escribir con tres dígitos es 9^{9^9} , es decir, $9^{387.420.489}$, esto es, un uno seguido de unos trescientos setenta millones de ceros. A su lado, el total de las partículas (¡subatómicas!) de toda la materia del universo, que se estima en unos 10^{80} , es una minucia de enormidad. Más o menos como el número de partidas de ajedrez distintas que se pueden jugar: un uno seguido de tan sólo ciento veinte ceros (10^{120}). En él se incluyen las partidas más tontas y absurdas, y se excluyen sólo aquellas en las que los jugadores se ponen de acuerdo para prolongar el encuentro hasta el máximo de los 5 899 movimientos, que son los que puede alcanzar una misma partida sin violar el reglamento. Esta cantidad, modestamente descomunal, se divide en tres clases: ganan las blancas, ganan las negras, o tablas. Jugar es ir eligiendo entre lo posible. Ganar, una buena elección.

Algo similar ocurre con cualquier actividad humana creadora, ciencia, música, pintura, literatura... crear es, en rigor, elegir una buena combinación de símbolos, de notas, de puntos, de letras. Pero el número de tales combinaciones, aunque enorme, es finito, por lo que, antes de que alguien los "cree", ya están en "alguna parte". Entre las enormidades también hay clases. Los poetas parecen tenerlo un poco

mejor que los ajedrecistas. Un uno seguido de 415 ceros (10^{415}) mide el número de sonetos libres distintos que se pueden llegar a componer, es decir, el número de maneras distintas que existen, en castellano, para ordenar seis palabras del total de las 85 000 de esta lengua, en cada uno de los 14 versos. La inmensa mayoría de esos "sonetos" no tienen, claro, el menor sentido. Y de la inmensa minoría que sí tienen sentido, una inmensa mayoría serán malísimos. De modo que sólo una inmensa minoría, aún inmensa, de aquella minoría, merecen editor. Ahora bien, ni todos los seres humanos que quedan por nacer, metidos todos a genios del soneto con furia creadora de 24 horas al día, son suficientes para escribir una minimísima parte del número de poemas geniales posibles, todavía no escritos. Salvados por la enormidad. Quevedo quizá no llegara a saberlo, ni falta que le hacía, pero sus sonetos ya estaban escritos en el mundo de lo realizable pero aún no realizado. Se pueden escribir $10^{354.918}$ novelas de 200 páginas a 360 palabras por página. Crear es una ilusión, aunque sea una ilusión tenaz. Sin embargo: estamos salvados. Crear es descubrir. O digámoslo un poco mejor. Crear es descubrir, desde el mundo real, algo de mérito entre la sideral quincalla del mundo de lo solamente realizable. Duchamp quizá no llegara a caer en la cuenta, o, jus-

tamente, quizás sí, pero su idea del *ready made** era una propuesta sublime. es, en rigor, un *ready made*. Incluso lo del *ready made*.

Y, para terminar, un número de 10^{10^9} . Se trata del número de seres humanos (?) diferentes que pueden llegar a existir. La identidad de un individuo está escrita en un texto genético de cuatro letras de una longitud determinada. Y un uno seguido de mil millones de ceros es el número de versiones distintas posibles para tales textos. Como en el caso de los sonetos, una gran parte de esas versiones corresponde a monstruos inviables, a seres humanos, que desde el principio de los tiempos han sido, podemos presumir, habernos salvado de la no existencia. Aún, nos salvamos incluso de volver a existir, de reencarnarnos o de toparnos con cualquier día, con una copia fastidiosamente exacta. 🐼

*Nota de la redacción

Término inglés que en una traducción no literal se conoce como "lo ya visto", y que deriva en el concepto de "objeto encontrado" del surrealismo. Proviene de un acto practicado por primera vez por el artista francés Marcel Duchamp, en 1915, y consiste en "artísticamente" objetos producidos industrialmente, con una mínima o ninguna intervención, rándolos así "obras de arte".

Jorge Wagensberg es director del Museo de la Ciencia y la Tecnología de la Fundación La Caixa en Barcelona.

Montaje para "Gravedad"

Tamaño de las ilustraciones
(tinta china e ilustración digital):
15x15 cm.
Con montaje
(marco de vidrio y remaches de
aluminio esmerilado, blanco):
25x25 cm.



Frente



Vuelta

