

Universidad de Oviedo

# La metáfora como herramienta para la divulgación científica en la literatura de Ted Chiang

*Metaphor as a tool for scientific dissemination in Ted Chiang's literature*

Máster Universitario en Estudios de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación  
(Especialidad en Cultura Científica)

Alumna: Beatriz García Sánchez  
Tutora: Asunción Herrera Guevara  
Curso 2018-2019  
Convocatoria de junio



Universidad de Oviedo





# La metáfora como herramienta para la divulgación científica en la literatura de Ted Chiang

*Metaphor as a tool for scientific dissemination in Ted Chiang's literature*

Beatriz GARCÍA SÁNCHEZ

Universidad de Oviedo, España

**Resumen:** Este trabajo estudia el recurso de la metáfora como instrumento para la divulgación científica a través del relato de ficción especulativa *La evolución de la ciencia humana*, del escritor Ted Chiang, observando especialmente a los conceptos relacionados con las brechas científico-tecnológica entre comunidades disociadas, y con especial atención a aquellas metáforas que presentan la divulgación como una suerte de puente que conectaría esas comunidades, o como una labor de traducción entre dos lenguajes distintos.

**Palabras clave:** cultura científica, ficción especulativa, modelo de déficit, dicotomías débiles, brecha científico-tecnológica.

**Abstract:** This work studies the resource of metaphor as an tool for scientific dissemination through the speculative fiction story *The evolution of human science*, by writer Ted Chiang, observing especially the concepts related to the scientific-technological gaps between dissociated communities, and with special attention to the metaphors that present this dissemination as a kind of bridge that would connect that communities, or as a translation work between two different languages.

**Keywords:** scientific culture, speculative fiction, deficit model, weak dichotomies, scientific-technological gap.

## 1. Introducción

A lo largo de los años han sido muchas y muy variadas las estrategias que se han propuesto con el fin de despertar entre el público general una mayor curiosidad por la ciencia o de hacer más atractivo su estudio. No puede decirse que la de usar la ciencia ficción como reclamo sea particularmente novedosa. Ya el científico y escritor Isaac Asimov sostenía en los años sesenta del pasado siglo que este subgénero de la literatura incluía entre sus títulos muchos que abordaban cuestiones científicas de una forma imaginativa e interesante (1968, 416). El hecho de que la ciencia que se utilice en un texto literario incorpore un componente fantástico y que no se ajuste completamente a las circunstancias de desarrollo científico y tecnológico en la que ha sido concebida, no implica que carezca de provecho como generador de interés o base a partir de la que formarse y razonar.

Es habitual que la literatura de ciencia ficción sugiera dilemas morales a los que determinadas innovaciones podrían acabar arrastrando. Que un relato recurra a una tecnología que todavía

no existe —y que quizás nunca lo haga— para plantear esta clase de conflictos a los que la sociedad podría llegar a enfrentarse, es uno de los clichés de este tipo de ficción especulativa. Pero también puede obligar al lector a vérselas con problemas mucho más cercanos, por ejemplo, proponiendo versiones extremas de conflictos reales o recurriendo a metáforas que ayuden a comprender mejor determinadas implicaciones de situaciones que de facto ya se están dando en el presente.

En el relato corto que se ha elegido como eje para desarrollar este trabajo —*La evolución de la ciencia humana*—, esta disyuntiva se presenta en forma de metáfora, al presentar una hipotética sociedad en un futuro cercano en el que la humanidad parece empeñada en encontrar una vía para salvar la aparentemente insuperable brecha cognitiva y comunicativa que divide a la nueva comunidad de científicos del resto de la población.

## 2. Ciencia y ficción especulativa: Ted Chiang y la tradición de la *hard SF*.

Chiang Feng-nan es un escritor estadounidense de origen chino que firma sus trabajos como Ted Chiang. No se trata de un autor especialmente prolífico, ya que a pesar de llevar en activo desde 1990, hasta la fecha solo ha publicado una quincena de relatos y dos novelas cortas. Resulta sorprendente que, con esta reducida trayectoria literaria, haya sido merecedor de varios de los galardones más importantes que se conceden a las mejores obras de ficción especulativa, entre ellos cuatro premios Nebula, cuatro premios Hugo y tres premios Locus, por mencionar solo algunos de ellos.

Resulta todavía más sorprendente si se tiene en cuenta que Ted Chiang compagina su labor como escritor de ciencia ficción con su carrera científica, ya que su formación universitaria se encuadra dentro del área científico-tecnológica —concretamente es titulado en Ciencias Computacionales por la universidad de Brown— y se ha especializado en la redacción de manuales de software. Esta circunstancia es muy relevante para el objeto de estudio de este trabajo, ya que ayuda a situar a Chiang dentro de una tradición de científicos profesionales que han cultivado la ficción especulativa. Dentro de esa tradición podrían incluirse otros nombres ya clásicos como los de Isaac Asimov, Carl Sagan, Greg Egan o, más recientemente, Liu Cixin. Una característica que comparten todos ellos es que sus obras suelen catalogarse dentro de lo que popularmente se conoce como ciencia ficción dura o *hard SF*, es decir, aquella cuyo material lidia con los principios o leyes de disciplinas como la física, química, matemática, biología, astronomía o ingeniería, en contraposición con la ciencia ficción blanda, en la que el enfoque se encuentra en la parte social y se le da más peso a disciplinas como la antropología, economía, psicología y sociología (Chapela, 2014). Ni que decir tiene que esta distinción es meramente orientativa. Con frecuencia la especulación no gira solo en torno a una de estas disciplinas —indesligables unas de otras— y propone reflexiones acerca de asuntos complejos como la naturaleza humana o la responsabilidad social de los científicos; pero no está de más destacar que las obras de estos autores, aun perteneciendo al género de ficción, destacan por su precisión, su rigor y su consistencia en relación con los conocimientos tecnológicos y científicos del momento en el que se escribieron.

En realidad no sería correcto afirmar que la totalidad de la obra de Ted Chiang puede catalogarse como ciencia ficción dura, ya que algunos de sus relatos más conocidos —como *Tower of Babylon* (1991) o *Hell is the Absence of God* (2001)— encajarían mejor en la categoría de lo que Todorov denominaba lo maravilloso puro, es decir, aquella literatura en la que los eventos anormales son comunes y no reciben reacción particular por parte de los personajes o del lector (Todorov, 2005, 24). Otros como *Seventy-Two letters* (2000) parecen ajustarse a las características de subgéneros tan particulares dentro de la ciencia ficción como el retrofuturismo en su vertiente *steampunk*.

Sin embargo, para la elaboración de este trabajo de fin de máster, será más conveniente ceñirse únicamente a las obras que pueden clasificarse dentro de la ciencia ficción dura. Algunas de las más célebres se ajustan con un rigor escrupuloso a los parámetros científicos en los que hoy nos movemos. Uno de los mejores ejemplos sería *Division by zero* (1991), en el que una matemática intenta suicidarse después de demostrar que la aritmética como sistema formal es inconsistente. En esta narración Chiang introduce como recurso referencias a algunos hitos de la historia de la lógica y la aritmética con la intención de ayudar al lector lego a comprender la dimensión del descubrimiento que la protagonista ha llevado a cabo, y por qué sus implicaciones son tan serias que decide que no puede asumirlas. Otro, quizás el más famoso, es la novela corta *Stories of your life* (1998), en la que una lingüista tiene que desentrañar un lenguaje extraterrestre que procurará a la humanidad un desarrollo exponencial en su percepción de las leyes físicas más básicas.

Estos dos ejemplos son significativos porque ambos reflejan de manera muy rigurosa las ciencias sobre las que se especula, en el primer caso las matemáticas y en el segundo la lingüística, aunque obviamente hay un componente irreal, ya que ni se ha demostrado la inconsistencia de la aritmética ni existen evidencias científicas de que el lenguaje que hablamos determine la forma en que entendemos y conceptualizamos la realidad.<sup>1</sup>

Ese mismo componente de irrealidad puede hallarse en el relato elegido para desarrollar este trabajo, *The evolution of human science*. Originalmente fue publicado —con el título *Catching crumbs from the table*— en la revista *Nature* (Chiang, 2000, 517), dentro de una sección que recibió el nombre de «Futures» y en la que cada semana un escritor hacía una breve aportación sobre una hipotética innovación científica o tecnológica del nuevo milenio. La editorial con la que trabajaba Chiang en aquel momento pertenecía al Grupo Holtzbrinck, al igual que *Nature*, así que se contó con él para participar en aquel proyecto. Según explica el propio autor en las notas que se añadieron a las ediciones posteriores de este relato, fue una sentencia de otro de los popes de la literatura de ciencia ficción, William Gibson, la que le dio la clave para especular acerca de hacia dónde se dirigía la ciencia humana: «El futuro ya está aquí; solo que no está repartido homogéneamente».

Resultan especialmente reveladoras las palabras que Chiang escribió sobre esta desigual distribución de los beneficios de los avances científicos:

Ahora mismo hay personas en el mundo que, si saben que existe la revolución informática, la conocen solo como algo que les está sucediendo a otras personas, en algún otro lugar. Supongo que eso seguirá siendo cierto en cualquier revolución científica que nos espere (Chiang, 2019, 230).

Da la sensación de que Chiang se refiere a las brechas científico-tecnológicas que históricamente han distanciado a unas regiones de otras. Es un hecho que se le ha concedido —y todavía se le concede— mucha menos relevancia a la investigación y la divulgación de la cultura científica en unos países que en otros. La carencia de capacidades disciplinares y tecnológicas y la debilidad de algunos sistemas nacionales de ciencia y tecnología es más alarmante en las áreas más castigadas por las desigualdades socioeconómicas, algo que ha favorecido el mantenimiento de esa brecha. Pero, sobre todo después de haber leído el relato de Chiang, salta a la vista que también tenía en mente la falta de homogeneidad incluso entre quienes comparten los mismos espacios geográficos.

---

<sup>1</sup> El argumento de esta novela encuentra su inspiración en la hipótesis Sapir-Whorf, originalmente formulada en los años 40 del pasado siglo por Edward Sapir y su discípulo Benjamin Lee Whorf. En su versión fuerte puede considerarse una forma de determinismo lingüístico que en la actualidad ha sido refutado.

Para exponer cuáles son las consecuencias que podría tener para nuestra sociedad el desarrollo de una tecnología que incrementara de manera dramática esa brecha, Chiang imagina un futuro en el que una terapia genética permite una evolución de las capacidades humanas hasta límites extraordinarios. El dilema surge cuando quienes se han beneficiado de esta terapia comienzan a dominar la investigación científica y van dejando atrás al resto de la humanidad, que no puede apreciar los avances que se van sucediendo ni tampoco utilizar de forma efectiva las nuevas herramientas necesarias para llevar a cabo cualquier tipo de investigación a este nivel. En definitiva, la pregunta que se plantea en *The evolution of human science*, es qué opciones quedan cuando las fronteras de la ciencia sobrepasan la comprensión de los humanos corrientes; una cuestión que no dista demasiado de otra que resulta mucho más cercana y para la que no es necesario trasladarse al terreno de lo especulativo: el papel del público no especialista frente a la ciencia.

### 3. Consideraciones históricas acerca de la relación entre público y ciencia

A lo largo de la historia, la relación entre el público no especialista y la ciencia ha ido evolucionando. Durante los siglos XVII y XVIII, el público —a través de su presencia— desempeñó un valioso rol de testigo en la legitimación de la experimentación científica, que además permitía la adquisición de un conocimiento científico directo. Se trataba, eso sí, de un público privilegiado, limitado al grupo social de quienes pertenecían a las élites alfabetizadas. La ciencia experimental, al nacer, precisaba y presuponía, simplemente para existir y ser aceptada, la presencia de un grupo de testigos (Fehér, 1990). Pero ese rol fue perdiendo consideración con el tiempo, ya que la función de testigo legitimador ejercida por los espectadores fue sustituida por la publicación de artículos científicos en revistas especializadas, casi siempre redactados en unos términos y con un lenguaje que requería un conocimiento previo sustancial que los volvía cognitivamente accesibles solo para un público con una formación científica cada vez más específica. La separación entre la comunicación de la ciencia para científicos y la divulgación puede fecharse a partir de la segunda mitad del siglo XVIII y las primeras décadas del siglo XIX, cuando la actividad del investigador científico se convirtió en una ocupación de tiempo completo, dejando fuera a quienes la practicaban como meros aficionados (Mueller y Caribé, 2010, 22).

A pesar de que el papel de estos aficionados nunca ha dejado de tener su relevancia dentro de la producción científica, lo cierto es que se estaba generando un progresivo aislamiento entre la ciencia y el público no especialista. Esa situación fue evolucionando a medida que los cambios socioeconómicos —como la expansión de los medios de comunicación o la consolidación de las democracias representativas— fueron permitiendo a un mayor número de personas el acceso a una educación que les permitiera incorporar una serie de capacidades y conocimientos propios de la cultura científica.

La siguiente gran transformación tendría lugar a partir de mediados del siglo XX, entre el final de la Segunda Guerra Mundial y el de la Guerra Fría, cuando emergieron unas condiciones distintas que redefinieron de forma profunda las relaciones de la ciencia con el resto de ámbitos de la sociedad, de índole militar, civil, institucional, económica o financiera. Las acciones de divulgación científica se perfeccionaron e intensificaron y se exploraron nuevos medios de difusión, como las nuevas tecnologías audiovisuales —en particular, la radio y el cine— que permitieron llegar a públicos aún más amplios. Al mismo tiempo, la economía de mercado iba adquiriendo más y más protagonismo también para la ciencia, hasta el punto de que las nuevas dinámicas de producción hicieron de la comunicación una necesidad ineludible dentro de la labor científica. A partir de las décadas de los años 1960-1970, fue emergiendo una creciente conciencia social sobre el impacto negativo y los riesgos

que podían acarrear una ciencia y una tecnología puestas al servicio de los intereses del mercado y ajenas al escrutinio del público. Este cambio en la imagen de la ciencia y la tecnología es un proceso que dio comienzo entonces y que todavía hoy se halla en fase de intenso desarrollo (López Cerezo, 1998, 44).

La divulgación científica es una actividad en permanente reconstrucción para la que resulta esencial replantearse la pregunta acerca de cómo compartir conocimientos contruidos a partir de prácticas y métodos altamente especializados con audiencias tan cambiantes y diversificadas. En la actualidad puede hablarse de un verdadero progreso en el terreno de la divulgación científica, cada vez más crítica y menos mistificadora, para un público general que pasa otra vez a desempeñar un papel importante, a la vez que se reivindica también la importancia, el respeto y la valorización de otro tipo de conocimientos no necesariamente científicos (Massarani y de Castro Moreira, 2004).

#### **4. El modelo de déficit y las metáforas subsidiarias: el puente y la traducción**

Hasta ahora se ha hecho un breve repaso a la relación que históricamente ha mantenido el público general —al que también se ha denominado público lego o no especialista— con la ciencia. Para teorizar acerca de lo que podría ocurrir en el futuro, solo se puede recurrir a la ficción especulativa que, como sucede en el caso elegido como objeto de estudio, tiende a presentar al lector sociedades que han ido más allá del riesgo y se han sumergido de lleno en situaciones problemáticas.

La que se esboza en *The evolution of the human science* vendría a ser una sociedad en la que la brecha científico-tecnológica entre este público general y los nuevos científicos se ha vuelto insalvable: (...) los humanos no podían apreciar completamente los avances anteriores ni utilizar de forma efectiva las nuevas herramientas necesarias para realizar investigaciones (Chiang, 2015, 167).

Después de una primera lectura podría caerse en el error de creer que la metáfora que este relato encierra encajaría perfectamente dentro de un «modelo de déficit», ya que señala que el origen de ese distanciamiento entre la sociedad y los científicos se fundamentaría en la perplejidad de esa gran mayoría de la población que es incapaz de franquear la brecha cognitiva que la separa de esta nueva ciencia.

Efectivamente, esta hipotética situación comparte con este modelo clásico el énfasis en el condicionamiento que supone la asimetría epistémica entre los agentes implicados; pero la similitud se queda ahí. En el «modelo de déficit» se parte de la idea de que la distancia entre ciencia y ciudadanos es superable informando adecuadamente a los ciudadanos, dotándoles de un barniz de conceptos más o menos triviales que favorecerán el desarrollo de una mayor capacidad reflexiva y una actitud más positiva frente a la ciencia, condiciones ambas que facilitarían su integración como agentes competentes en este diálogo (Cortassa, 2010, 177). Sin embargo, en el texto de Chiang el conflicto no surge de la falta de actitudes positivas o interés hacia la labor de los nuevos científicos, sino todo lo contrario. La actitud no puede ser más positiva y el interés nunca ha desaparecido. El drama en el relato nace de la imposibilidad de alcanzar una comprensión satisfactoria de la ciencia, de la frustración que supone el fracaso de todos los intentos para interpretarla y, sobre todo, de la incapacidad para participar en ella.

Tanto se aleja la respuesta de estos «desterrados» de la ciencia del «modelo de déficit» que, lejos de rendirse al asumir que nunca volverían a realizar una contribución original como investigadores, se reinventan como hermeneutas volcándose en la misión de interpretar el trabajo de los nuevos científicos. No es una función tan distinta de la que desempeñan los

profesionales que en la actualidad se dedican a hacer divulgación y que, al igual que los personajes de este relato, intentan servir como puente entre dos mundos, el de los expertos y el de los legos.

Esta metáfora que presenta la divulgación como puente que conecta dos realidades difícilmente conciliables —y en la que el divulgador sería una especie de traductor que busca hacer comprensible la ciencia para el público no experto— se incardina en una concepción jerárquica y unidireccional de la comunicación social. De hecho, se va un paso más allá al sumar el factor lingüístico al enfrentamiento cognitivo que establece la representación del «modelo de déficit». Como ocurre en la ficción que nos propone Chiang, el científico ya no es solo experto por su dedicación especializada en una materia concreta, sino por el sistema semiótico que utiliza y que se contrapone al lenguaje natural del que se sirve el público general. La labor del divulgador sería, de acuerdo con esta metáfora tan extendida, la de un traductor o hermeneuta que conectara los dos extremos y tradujera de un código a otro. En principio, como traslación, no carece de sentido, ya que, efectivamente, el divulgador parte de un texto primario redactado en un código científico y lo traduce a otro secundario en una lengua común. Sin embargo, pese a su innegable utilidad, son varias las objeciones que podrían realizarse a esta imagen de la divulgación como puente entre orillas opuestas y a la del divulgador como una suerte de traductor.

#### **4. 1. Funciones y beneficios de la metáfora en la divulgación científica**

Cada vez un número mayor de personas desean acceder a esa información para saciar su curiosidad y poder participar en la toma de decisiones con un conocimiento apropiado. La divulgación surge con la vocación de ofrecer esa información que se demanda y además hacerla comprensible y —en la medida de lo posible— también amena. El uso de un lenguaje no solo sencillo e inteligible, sino también atractivo, se convierte en un requisito indispensable para hacer una buena divulgación. Evidentemente, un texto puramente científico —con el que puede trabajar un profesional o un académico— nunca funcionará a nivel divulgativo como el que se redacta pensando en un lector más bien lego en la materia de la que trate. En la divulgación se echa mano con frecuencia de recursos propios de la literatura, como las metáforas.

La palabra *μεταφορα* quiere decir, literalmente, transferencia o traslación. De hecho, en eso es en lo que consiste la acción de verbalizar cualquier pensamiento: en trasladar una idea al lenguaje hablado. Cuando se recurre a una metáfora, lo que se está haciendo es asociar dos o más ideas o conceptos que en principio carecen de conexión —ya sea en virtud de una similitud o de unas características comunes— con la intención de tender una especie de puente —de nuevo la metáfora del puente— entre ellas.

En divulgación científica las metáforas se usan para hacer el mensaje más cercano al público más amplio. Sirven para captar su atención, facilita la comprensión y a veces incluso persigue su complicidad, pero, sobre todo, busca convertir esa información en algo inteligible, algo menos alejado de su realidad, de lo cotidiano, por muy compleja que sea y por muy alejada que se antoje de su experiencia diaria. En resumen, la esencia de la metáfora pasa por entender y experimentar una clase de cosas en términos de otra clase de cosas (Lakoff y Johnson, 2017).

Comúnmente se entiende que las metáforas en la divulgación sirven para llevar a cabo una especie de traducción y además ayudan al científico a acercar su propio mundo al público no especialista. Un texto repleto de datos incomprensibles, de nomenclaturas inusuales, de teoremas y de fórmulas matemáticas únicamente podrá ser descifrada por expertos en la

materia sobre la que verse, pero es muy difícil que transmita nada a cualquier persona lega en esa misma materia, y eso dejando de lado el hecho de que lo más probable es que ni siquiera le resulte lo suficientemente atractiva como para que siquiera lo intente. De poco valdría contar con un sinfín de conceptos si no se pueden transmitir a otras personas mediante el uso de la palabra, es decir, volcarlos a un lenguaje comprensible que pueda ser aprehendido por los demás. En esto es lo que consistiría la comunicación. El propio Einstein sostenía que «en realidad no es necesario que un concepto vaya ligado a un signo sensorialmente perceptible o reproducible (palabra), pero si de hecho lo está, el pensamiento es comunicable» (Einstein, 1984, 97).

Las metáforas también se han definido como la manifestación de una competencia de representación propia de los seres humanos, esa capacidad de utilizar significantes para hacer referencia a significados a la que Piaget denominaba «función simbólica», refiriéndose con ello a la capacidad de usar significantes para referirse a los significados. Estos significantes ocuparían el lugar de la cosa a la que se está haciendo referencia, designando su significado sea este de la clase que sea. La utilización de estos significantes diferenciados de los significados a los que aluden, abren vastas posibilidades para el razonamiento humano, ya que los individuos no necesitan interactuar directamente con la realidad, sino que pueden empezar a hacerlo simbólicamente gracias a los constructos mentales que ellos mismos han ido creando, con todas las ventajas adaptativas que ello supone (Piaget, 1961).

Esta habilidad está muy relacionada con la utilización de las metáforas dentro de cualquier actividad intelectual. La ciencia no ha sido una excepción. En Física, por ejemplo, se ha recurrido con frecuencia a ellas para describir los átomos. Una de las más habituales ha sido la que los comparaba con sistemas solares diminutos, dotados de un núcleo que vendría a ser la estrella y una serie de electrones que, al igual que los planetas, describirían órbitas a su alrededor. Esta metáfora es particularmente curiosa porque recurre a un concepto científico —aunque muy popularizado y que resulta familiar para una gran parte de la sociedad— para explicar precisamente otro concepto científico como es el del átomo. Otro ejemplo muy significativo se encontraría en el terreno de la biología, en el que el zoólogo y divulgador Richard Dawkins echó mano de otra metáfora que ha penetrado en el parecer general; en su célebre libro, *El gen egoísta*<sup>2</sup>, describe nuestra herencia genética como si fuera una enorme biblioteca en la que los cromosomas vendrían a ser los libros y los genes sus páginas (Dawkins, 1990).

#### 4.2. Riesgos e imprecisiones en el uso de las metáforas dentro de la divulgación

Como se ha explicado a lo largo del último apartado, a menudo el trabajo del divulgador se ha comparado con el de un traductor. También aquí se estaría acudiendo al recurso de la metáfora para explicar en qué consiste la divulgación. La cuestión ahora es si resulta del todo apropiada esa metáfora. ¿Realmente puede establecerse un paralelismo entre lo que la acción de traducir y la de divulgar? A tenor de lo dicho hasta ahora, podría establecerse que así es. De hecho, las metáforas funcionarían como instrumentos muy valiosos a la hora de llevar a cabo esa traslación de un lenguaje a otro.

No obstante, la tan extendida metáfora de la traducción se asienta sobre algunos errores de partida muy notables, ya que existen demasiadas diferencias entre los dos procesos. Para empezar, aunque es cierto que el divulgador cumple una función de intermediario, su trabajo no se limita a la traducción, sino que además tiene que explicar y reformular el texto primario

---

<sup>2</sup> El propio título del libro *El gen egoísta* es una metáfora en sí mismo, ya que, obviamente, el egoísmo no es una cualidad que se le pueda atribuir a un gen.

sin olvidarse de mencionar explícitamente las fuentes originales. El rigor es un requisito indispensable tanto en un caso como en otro, pero los textos de carácter divulgativo no deben guardar la misma clase de fidelidad a los textos de origen, ya que responden a estrategias discursivas muy diferentes. Además, este afán de legitimación lingüística lleva implícita una carga ideológica negativa que refuerza el prejuicio del estatus cognitivo superior de la comunidad científica frente al resto de la sociedad, prejuicio que debería haber sido superado en un momento en el que la divulgación científica ya no se concibe como la simple transmisión de conocimientos a un público lego, sino más bien como una interacción entre todos los participantes de un mismo proceso. (Galán Rodríguez, 2003, 140-141)

Por otro lado, la ficción que se propone en *The evolution of human science* introduce dos elementos puramente especulativos que ayudan a recalcar las debilidades tanto del modelo de déficit como de la metáfora de la divulgación como traducción. El primero es que en el relato el lenguaje en el que se elabora y se comunica la ciencia sí es diferente del lenguaje humano natural, mientras que en la realidad el lenguaje científico por muy especializado que sea, también sigue siéndolo y, en consecuencia, cuenta con las mismas ventajas y desventajas semánticas que el lenguaje de uso común. El segundo es que, al contrario de lo que se propone en la distopía transhumanista de Chiang, los límites que dividen al público general de los científicos son mucho más difusos de lo que se podría pensar. No existe dos grupos homogéneos, uno formado por una masa absolutamente uniforme de legos y otro por los profesionales de la ciencia, sino más bien un continuo compuesto por diferentes individuos con diferentes niveles de conocimiento y comprensión de cada uno de los diversos campos de la ciencia.

### **4.3. La metáfora como instrumento de comunicación entre profesionales de la ciencia**

Desde un punto de vista estrictamente lingüístico, las metáforas generalmente se han entendido como un constructo esencialmente retórico, una figura afectada y artificial cuya utilización queda circunscrita al ámbito poético y literario con la intención de reflejar determinados sentimientos, sensaciones o estados de ánimo. Este prejuicio tan ampliamente difundido podría llevar a creer que las metáforas son demasiado complejas como para que puedan abundar en el lenguaje común. Pero en realidad son un recurso espontáneo y natural que se usa con frecuencia en el lenguaje cotidiano y que también es muy habitual dentro de los textos de carácter científico, y no solo en los orientados a la divulgación, sino también en los que se dirigen a la comunicación entre profesionales.

Es importante tener en cuenta que existen muchos y muy variados niveles de alfabetización científica entre el público no especialista. Hay quienes, sin dedicarse profesionalmente a ello, participan de diversas formas en la producción científica, ya sea en forma de contribuciones pasivas —como los usuarios que ceden potencia de cálculo de sus ordenadores personales cuando están inactivos para proyectos como los SETI<sup>3</sup> o el Einstein@home<sup>4</sup>—, ya sea de forma activa, a través de una labor personal en el desarrollo de nuevos conocimientos e innovaciones —sería el caso de los naturalistas aficionados, con sus aportaciones a la ecología, la botánica o la zoología, o el de los aficionados a la astronomía, que colaboran en la detección

---

<sup>3</sup> Los proyectos SETI están orientados a la búsqueda de vida extraterrestre mediante la emisión al espacio de señales y mensajes y también a través del análisis de señales electromagnéticas recogidas por diferentes radiotelescopios.

<sup>4</sup> Einstein@home es un proyecto de computación distribuida diseñado con el fin de detectar ondas gravitacionales en los datos recogidos por varios observatorios GEO 600 en Alemania y LIGO en Estados Unidos. Además, también recaba datos del satélite Fermi de rayos Gamma y del Radiotelescopio de Arecibo en Puerto Rico

de supernovas, asteroides o cometas—, pero también el de aquellos que desarrollan software abierto e incluso el de quienes contribuyen con sus aportaciones y correcciones al mantenimiento de bases de acceso abierto como Wikipedia (Barrio Alonso, 2008, 222-223).

Del mismo modo, tampoco existe homogeneidad en lo que se refiere a la comunidad científica. No todos los profesionales de la ciencia tienen el mismo nivel de experticia en todas las especialidades científicas y tecnológicas. Imaginar a la comunidad de científicos como una masa uniforme carece de sentido. La progresiva especialización que ha ido experimentando la ciencia no solo ha afectado a la relación del público general con el conocimiento especializado, sino que, con frecuencia, dificulta la comprensión de los mismos científicos entre sí cuando se dedican a ramas de la ciencia distantes entre sí. Ya a principios del siglo XX Ortega y Gasset se refirió a esta situación y la calificó de «barbarie del especialismo» (1999, 142-148). Por mencionar un ejemplo muy elemental, un veterinario especialista en bromatología no tiene por qué estar al tanto de los últimos avances en física de partículas, ni siquiera ser capaz de entender un artículo académico que verse sobre la teoría de supersimetría. También en casos como este, para facilitar la comunicación entre científicos sería valioso el empleo de un lenguaje figurado, el uso moderado de tecnicismos y la utilización de analogías, paráfrasis, ejemplos y otros recursos lingüísticos como las metáforas, sin que ello implique en ningún caso que se esté abandonando un lenguaje que debería seguir calificándose de científico.

Si por algo se caracteriza precisamente ese lenguaje científico es porque nace con una indudable vocación de universalidad. Pretende ser exacto, preciso y claro en un terreno como es el científico-tecnológico que permanece en continuo cambio y que se renueva ininterrumpidamente. Por ello precisamente trata de evitar fenómenos semánticos la sinonimia o la polisemia que puedan llevar a equívocos. Paradójicamente, a este afán por lograr un mensaje diáfano, se debe —al menos en parte— que su discurso se haya terminado antojando una especie de código secreto para el público general (1999, Alcívar, 453-454).

## **5. Dicotomías débiles y metáforas endurecidas en la discursividad científica**

Como ya se ha explicado en el tercer apartado, inicialmente el público jugó un papel significativo en la dinámica de producción del conocimiento científico entendido «como una práctica colectiva que se desarrolla en un momento histórico determinado» (Shapin, 2000). No se trataba de una inmensa mayoría, sino tan solo de una élite ilustrada que tenía acceso a conferencias y demostraciones en sociedades científicas, cafés y domicilios privados, pero suficiente para proporcionar una audiencia a estos primeros discursos de divulgación científica. La paulatina profesionalización, especialización y formalización de las ciencias hizo que se fuera generando desde finales del siglo XIX una imagen de cisma absoluto entre ese mismo público y la ciencia de la que hasta entonces habían disfrutado y sido testigos. Esa imagen, que, como se verá, no es fiel a la realidad, cuajó en el ideario colectivo hasta el punto de cristalizar en el ya mencionado «modelo de déficit», con todas las implicaciones, inexactitudes y malentendidos que acarrió.

Por desgracia, no parece sencillo desprenderse de algunas consideraciones establecidas a partir de este «modelo de déficit», que asocia el desinterés y las actitudes negativas hacia la ciencia del público general con su falta de conocimientos (Miller, 2001). A pesar de que ha sido muy criticado en las últimas décadas, de alguna manera permanece muy vigente en la concepción que se tiene del público no especialista como un grupo homogéneo y científicamente iletrado, cuya participación se reduce a la recepción de las iniciativas de divulgación científica y —en el mejor de los casos— a beneficiarse de los avances que se vayan produciendo.

En el «modelo de déficit» el público general es concebido como una masa indiferenciada o como una entidad vacía caracterizada de forma homogénea por una ausencia general de conocimiento científico. De hecho, el discurso más habitual sigue siendo aquel que distingue por un lado la existencia de ese público profano —que englobaría a la inmensa mayoría de la sociedad, a todos los ciudadanos de a pie—, y por otro a los expertos científicos, sin aclarar muy bien qué nivel de formación o de profesionalidad se requiere para abandonar uno de estos compartimentos estancos y entrar a formar parte del otro. Demasiado a menudo la ciencia y la tecnología son percibidas como un tipo de conocimiento inaccesible y hermético para la mayor parte de la humanidad, que tiende a excluirlo de sus relaciones cotidianas, cuando lo cierto —y lo paradójico— es que tanto una como otra tienen una presencia constante en las sociedades desarrolladas (Manassero Mas, Vazquez y Acevedo-Díaz, 2005).

Lo que hace Chiang es volcar este discurso disociador en su relato y llevarlo aún más al extremo. En *The evolution of the human science* se presenta a una sociedad en la que las difusas fronteras entre el público lego y los científicos especialistas pertenecen a dos categorías que son excluyentes entre sí. O se pertenece al grupo de los científicos o no, y en caso de que así sea, no quedan muchas más opciones que conformarse con desempeñar el rol de beneficiario de cada nueva innovación, sin que exista la posibilidad de involucrarse en la producción o legitimación del conocimiento científico, ni tampoco en la toma de decisiones.

Llegado a este punto es donde el relato hace propias las repetidas metáforas de la traducción o del puente con el que salvar el abismo que existe entre los ciudadanos de a pie y la ciencia. Si bien es cierto que suele recurrirse a este tipo de metáforas por lo valioso de su carácter ilustrativo, también lo es que algunas de ellas pueden fosilizarse o “endurecerse”. Muchos conceptos científicos nacieron como metáforas —por ejemplo, las células o *cells* recibieron su nombre porque recordaban a las celdas minúsculas en las que vivían los monjes—, lo que demuestra que, usadas correctamente y en los contextos adecuados, pueden ser muy eficaces, pero siempre sin perder de vista que se trata de metáforas (Fourer, 2005).

Tan asentada y presente está la metáfora del puente entre dos orillas que es posible encontrarla incluso en algunos de los textos clásicos sobre cultura científica. No puede hablarse de divisiones culturales entre científicos y no científicos sin mencionar la conferencia que el físico Charles Percy Snow pronunció en mayo de 1959 en Cambridge. En su discurso aludía a un cisma creciente entre los saberes de los intelectuales humanistas y los de los científicos. Desde el punto de vista de Snow, a pesar de que ese cisma tuviera su origen en el siglo XVII, a lo largo del siglo XX no habría hecho sino agrandarse. No obstante, en 1963 Snow añadió un ensayo más con nuevas reflexiones para la segunda edición impresa de su polémica conferencia. Este ensayo recibió el título *Las dos culturas y un segundo enfoque*, y en él apostaba por la aparición de una tercera cultura llamada a tender un puente entre humanistas y científicos (Snow, 2012, 53-100).

Hay que advertir que Snow no se estaba refiriendo a la sociedad al completo cuando advertía acerca de esta carencia de conocimientos científicos básicos, sino a una élite intelectual bien formada que había tenido acceso a una sólida cultura humanística, pero con una patente falta de cultura científica. Fueron muchas las críticas que recibió su postura, y todavía las sigue recibiendo —como las de Trilling (1968), Sontag (1984) o Lledó (2009)—, pero la importancia que a día de hoy se le sigue otorgando a esta conferencia y al ensayo que la siguió, debería servir para demostrar que la dicotomía está muy lejos de ser superada. También hay quienes han señalado que el auge de la divulgación científica es indicador de que, en realidad, ya se ha gestado esa tercera cultura de la que hablaba Snow y estamos inmersos en ella (Brockman, 1996, 17-19).

En cualquier caso, es interesante comparar el cisma entre las dos culturas que preocupaba a Snow con el que propone Chiang en su relato. Quizás llevados en ambos casos por su vis literaria<sup>5</sup>, los dos autores hiperbolizan la brecha que separa a una parte de la sociedad de otra. Pero además se da la circunstancia de que, al igual que apuntaba Snow en su discurso, en el relato de Chiang el principal motivo de preocupación es que esa brecha no solo afecta a una parte de la sociedad sin interés en ninguna clase de cultura o sin acceso a una formación superior, ya que la élite intelectual también se revela como científicamente incompetente. La diferencia residiría en que en *La evolución de la ciencia humana* el distanciamiento de esa élite no sería fruto de su desidia ni de su desinterés —como daba la impresión de insinuar Snow—, sino que sería una consecuencia indeseable de un salto evolutivo que deja fuera a un sector de la sociedad que sí desea seguir formando parte de una producción científica a la que ya no tiene acceso.

## 6. La divulgación y la amenaza de la degradación de la ciencia

En el relato, las revistas científicas han quedado obsoletas como medio de difusión del conocimiento científico entre profesionales, quedando «reducidas al papel de meros vehículos de divulgación, y además no demasiado buenos». Aquellos que se niegan a desistir y desean seguir contribuyendo en alguna medida al campo de la ciencia a pesar de no contar con las ventajas de quienes han sido genéticamente modificados, tienen que conformarse con tratar de traducir los resultados de las investigaciones científicas para hacerlas comprensibles, primero a sí mismos, y después para el resto de la sociedad. Un paso posterior sería el de intentar reproducir el proceso de construcción de los nuevos artefactos científicos, no con el objetivo de «fabricar productos alternativos, sino sencillamente entender los principios físicos subyacentes a su funcionamiento» (Chiang, 2004).

La primera de estas actividades —esa labor de hermenéutica o de traducción que tantas similitudes guardaría con una concepción de la divulgación subsidiaria del «modelo de déficit»— sería desempeñada por individuos que ya no pertenecen en sentido estricto a la estructura de producción científica. Esta circunstancia no empaña la metáfora, ya que también en la actualidad ocurre que no necesariamente todos los divulgadores son científicos. La labor del divulgador le obliga a desenvolverse con soltura en el uso de todo tipo de herramientas y técnicas multidisciplinarias, no solo en el terreno de las ciencias.

Labor que, como ya se ha expuesto, trata de dar respuesta a esta situación de desigualdad y distanciamiento y que se propone como ese puente capaz de conectar dos orillas apartadas la una de la otra y que ni siquiera cuentan con un lenguaje común. Pero conviene recordar que la comparación de la divulgación con un puente —aunque es útil y facilita la comprensión de la idea al igual que lo es la que equipara al divulgador con una suerte de traductor— no está exenta de ciertos riesgos.

Lo que ha ocurrido con la metáfora de la divulgación como puente entre dos culturas —la científica y la que no lo es— o al menos entre dos comunidades escindidas, vendría a ser un ejemplo de metáfora fosilizada de la que, además, se han acabado derivando consecuencias no deseadas. La principal sería que, al extenderse y perpetuarse la metáfora, también lo ha hecho el discurso del que surge, es decir, el que parte de la existencia de una brecha cognitiva insalvable entre el público general y los científicos. Este discurso contribuye a presentar el conocimiento científico como una especie de arcano únicamente accesible para una minoría impermeable, lo cual fomenta el cliché —tan manido por algunos medios de comunicación—

---

<sup>5</sup> Además de profesor de Física, Charles Percy Snow fue un destacado dramaturgo y novelista.

de la comunidad científica como una élite aislada del resto de la sociedad (Manassero Mas, Vazquez y Acevedo-Díaz, 2005).

No toda la comunidad científica comparte una misma postura ante la labor de divulgación. Tampoco ha sido igual en todo momento. Por ejemplo, algunos estudios han señalado que, durante algunos periodos, los científicos adolecieron de una cierta tendencia a olvidar, e incluso a menospreciar el trabajo de divulgación por considerarlo «una actividad ajena a la vida científica, una pérdida de tiempo, o bien, como mal menor, una actividad propia de ilustres científicos jubilados, de premios Nobel en retiro» (González García y Jiménez Liso, 2005, 9). Existía entre la comunidad científica cierto recelo ante la amenaza de que la divulgación pudiera suponer una forma de degeneración de la ciencia. Sirvan como ejemplo las palabras pronunciadas por Severo Ochoa, quien precisamente fue galardonado con el premio Nobel de Medicina en 1959: «Antes que degradar la ciencia con intentos de divulgación, es preferible que quien no comprenda un texto científico pase la página. La ciencia se expresa mediante un lenguaje que no puede desvirtuarse» (González García y Jiménez Liso, 2005).

Parece que, de hecho, hubo un coste en su prestigio para aquellos investigadores que dedicaron parte de sus esfuerzos a la divulgación, tras haberse adentrado en un terreno que parecía tener tanto de literario como de científico. Ese coste fue, como era de esperar, el de sufrir «un cierto desdén por parte de sus colegas científicos» (Álvarez Muñoz, 2004). Paradójicamente, a partir de las últimas décadas del siglo XX ha tenido lugar un auge de la divulgación científica, y no solo en el ámbito audiovisual, sino también en el editorial, que ha encontrado un filón en los trabajos de autores como Stephen Hawking (*A Brief History of Time*, 1988), Carl Sagan (*Pale Blue Dot*, 1994), o Stephen Jay Gould (*The Structure of Evolutionary Theory*, 2002). Estas y otras obras de divulgación científica se convirtieron en auténticos superventas que todavía a día de hoy siguen funcionando muy bien dentro del mercado.

## 7. Conclusión

Y, sin embargo, a pesar de ese cierto desdén que ha recibido esta asociación entre lo científico y lo literario, no pueden despreciarse sin más los muchos logros de la divulgación en general y del recurso de las metáforas en particular.

Las metáforas están muy presentes, aunque habitualmente no se les preste atención, se pasen por alto o no sean percibidas como tales por los usuarios del lenguaje. Son mucho más que figuras retóricas y una parte esencial del pensamiento y del conocimiento científico y filosófico se apoya o incluso se fundamenta en metáforas con las que se ha conseguido que el mundo sea concebido de una determinada manera y que se describa conforme a una concepción establecida. Sirvan como ejemplos muy significativos la concepción del mundo como un teatro, o la del hombre como una máquina, en las que la metáfora va más allá de sí misma y se convierte en un modelo lógico y cognitivo (Boquera Matarredona, 2000, 15-16).

Son muchas las metáforas de la ciencia tan popularizadas e inmersas en nuestra cultura que ya parecen indisolubles del imaginario colectivo, pero no son pocos los casos en los que, como se ha expuesto a lo largo del subapartado 4.2., este recurso se adopta como parte de los usos estrictamente científicos, y no solo divulgativos. Uno de los ejemplos más potentes en este sentido sería el de la imagen que se ha extendido de los agujeros negros. La propia denominación es una metáfora, ya que ni siquiera son agujeros, sino objetos supermasivos dotados de un extraordinario campo gravitatorio. Sin embargo, la metáfora del agujero negro no solo se ha incorporado con naturalidad al léxico científico, sino que, contrariamente a lo que pudiera creerse, no ha perdido ni un ápice de su potencial literario y creativo. Como

señaló en su día el físico Timothy Ferris "un agujero negro es un ejemplo triunfante de cómo la teorización creativa puede abrir ventanas al mundo real" (1998, 65-66).

Tanto es así que en 1969 el físico John Archibald Wheeler —quien precisamente había acuñado el término dos años antes en el transcurso de una conferencia en el Instituto Goddard de Estudios Espaciales de la NASA, en la Universidad de Columbia— determinó que los agujeros negros «no tenían pelo». Obviamente no estaba refiriéndose a ninguna clase de melena o vellosidad en estos restos de antiguas estrellas. Lo que trataba de exponer —a través de otra metáfora— era que carecían por completo de particularidades complicadas, ya que todos los agujeros negros eran iguales excepto en lo que concernía a su masa, su giro y su momento angular: vacíos idénticos incapaces de almacenar información alguna acerca de los objetos de los objetos de los que se formaron. Sin embargo, la imagen penetró tan bien que cuando ya en el siglo XXI físicos de la talla de Stephen Hawking, Malcolm Perry y Andrew Strominger matizaron la hipótesis de Wheeler, lo hicieron en un artículo que titularon “Soft Hair on Black Holes” (2016). En las publicaciones divulgativas se llegaron a redactar afirmaciones tan llamativas como la de que “los agujeros negros pueden lucir una suntuosa cabellera compuesta por partículas fantasmales de energía cero”<sup>6</sup>, que encabezaba el artículo de *Live Science* en el que se hablaba de la noticia.

Como ya demostraron Lakoff y Johnson (1987, 233-246), el sistema conceptual humano, mediante el que se piensa y se actúa, tiene un carácter sustancialmente metafórico. El comportamiento, la percepción y las relaciones entre seres humanos se organizan de acuerdo a conceptos que también lo son. La metáfora es una herramienta muy poderosa que permite comprender conceptos abstractos a partir de otros más concretos. Todo este enorme potencial no solo puede desplegarse en el ámbito de lo literario, como ocurre en el relato “La evolución de la ciencia humana”, que no es otra cosa que una metáfora en sí mismo, sino que también se extiende con éxito a otros terrenos más formales. Sería absurdo no reconocer su valor o tratar de prescindir de ellas para desarrollar un trabajo de divulgación científica de calidad, pero también a la planificar una comunicación eficiente entre los propios científicos.

Evidentemente, se corre cierto riesgo cuando se opta por una metáfora en lugar de otra. Uno de esos riesgos es el de acabar dejando a la ciencia en una situación de desamparo ante la amenaza de degradación que algunos científicos han querido atisbar en el proceso de divulgación —o vulgarización—, algo que ya se explicó en el sexto apartado. No obstante, la principal conclusión a la que se llega tras analizar este proceso es que ese riesgo no es apreciable. La labor del divulgador, siempre y cuando sea precisa y rigurosa, no puede más que enriquecer el patrimonio científico de cualquier sociedad, pero nunca perjudicarlo. Del mismo modo, tampoco parece especialmente relevante el hecho de que algunas metáforas se “endurezcan” con el tiempo. Es lo que ha sucedido con la que instituyó Wheeler y, lejos de menoscabar la comprensión de este fenómeno, ayudó a popularizarlo y a convertirlo en algo familiar y accesible para el público no especialista. Además, se ha revelado de utilidad dentro de la propia comunidad científica, que, lejos de denostar las metáforas de Wheeler, se las ha apropiado y continúa haciendo uso de ellas.

En definitiva, darse una situación como la que se propone en la ficción de Ted Chiang, el trabajo de los hermeneutas no solo seguiría siendo digno de cualquier científico —cuestión que se plantea abiertamente en el relato—, sino que tendría entidad y relevancia más que suficiente como para que pudiera ser considerada como parte sustancial de una producción científica en la que las metáforas podrían seguir jugando un papel muy provechoso. Reflexión que igualmente podría aplicarse a la literatura de ficción especulativa, que con tanta frecuencia

---

<sup>6</sup> “Black holes may sport a luxurious head of hair made up of ghostly, zero-energy particles”, en el texto original.

también se erige en forma de verdaderas metáforas con las que comprender la realidad científica presente y sus posibilidades futuras.

## Referencias bibliográficas

Alcíbar, Miguel (1999-2000). De agujeros, espirales inmortales y guerreros: una aproximación al estudio de la metáfora en ciencia y divulgación científica. *Cauce: Revista Internacional de Filología, Comunicación y sus Didácticas*, (22-23), 453-468.

Alvarez Muñoz, Evaristo (2004). La guerra de las ciencias y la tercera cultura. *Cinta Moebio. Revista de epistemología de ciencias sociales*, 19, 9-21.

Asimov, Isaac. (1968). Try Science Fiction as a Teaching Aid. *The Physics Teacher*. 6 (8), 416-416.

BarrioAlonso, Cipriano (2008). La apropiación social de la ciencia: nuevas formas. *CTS: Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, 4 (10), 213-225.

Boquera Matarredona, María (2000). La traducción de metáforas en un texto de divulgación médica. *Ibérica: Revista de la Asociación Europea de Lenguas para Fines Específicos*, 2, 13-25.

Brockman, John (1996). *Third Culture: Beyond the Scientific Revolution*, Nueva York: Touchstone.

Chapela, Andrea (2014). Between fiction and science: The use of narrative in teaching science. *Educación química*, 25 (1), 2-6.

Chiang, Ted (2000). Crutching crumbs from the table. *Nature*, 405, 517

Chiang, Ted (2019). *La historia de tu vida*. Madrid: Alamut.

Cortassa, Carina Gabriela (2010). Del déficit al diálogo, ¿y después? Una reconstrucción crítica de los estudios de comprensión pública de la ciencia. *CTS: Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, 5 (15).

Dawkins, Richard (1990). *El gen egoísta*. Barcelona: Salvat Editores.

Einstein, Albert. (1984) Notas autobiográficas en Leslie Pearce Williams (ed.), *La teoría de la relatividad: sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno*, 95 - 104. Madrid: Alianza Editorial.

Fehér, Marta (1990). Acerca del papel asignado al público por los filósofos de la ciencia. En Javier Ordóñez y Alberto Elena (eds.), *La ciencia y su público: Perspectivas históricas* (421-443). Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Ferris, Timothy (1998). *Informe sobre el Universo*. Barcelona: Crítica.

Fourer, Gérard (2005). *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.

Galán Rodríguez, Carmen (2003). La ciencia en zapatillas: análisis del discurso de divulgación científica. *Anuario de Estudios Filológicos*, XXVI, 137-156.

Ghose, Tia (2016, 14 de enero). Stephen Hawking: Black Holes Have Hair. *Live Science*, obtenido de <https://www.livescience.com/53363-stephen-hawking-black-holes-have-hair.html>.

González García, Francisco y Jiménez Liso, Ruth (2005). Escribir ciencia para enseñar y divulgar o la ciencia en el lecho de Procusto. *Revista Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 43, 8-20.

George Lakoff, George and Johnson, Mark (2017). *Metáforas de la vida cotidiana*. Madrid: Cátedra.

Hawking, Stephen W., Perry, Malcolm J. y Strominger, Andrew (2016). Soft Hair on Black Holes. *Physical Review Letters* 116 (231301), 1-9.

Lakoff, George y Johnson, Mark (1987). La estructura metafórica del sistema conceptual humano. En Donald A. Norman (ed.), *Perspectivas de la Ciencia Cognitiva*, Barcelona: Editorial Paidós.

Lledó, Emilio (2009). *Ser quien eres*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

López Cerezo, José Antonio (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista iberoamericana de educación*, (18) 41-68.

Manassero Mas, María Antonia, Vazquez, Angel y Acevedo-Díaz, José. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*. 4 (2).

Massarani, Luisa y de Castro Moreira, Ildeu (2004). Divulgación de la ciencia: perspectivas históricas y dilemas permanentes. *Quark: Ciencia, medicina, comunicación y cultura*, (32), 30-35.

Miller, Steven (2001) Public understanding of science at the crossroads. *Public Understanding of Science*, (10)1, 115-120.

Mueller, Suzanna., & Caribé, Rita de Cassia (2010). A comunicação científica para o público leigo: breve histórico. *Informação & Informação*, 15(1), 13-30.

Ortega y Gasset, José (1999). *La rebelión de las masas*. Barcelona: Círculo de Lectores.

Piaget, Jean (1961). *La formación del símbolo en el niño*. Méjico: Fondo de Cultura Económica.

Shapin, Steven (2000), *La Revolución científica. Una interpretación alternativa*. Barcelona: Paidós.

Snow, Charles y Collini, Stefan (2012). *The two cultures: a second look (1963)*. In *The Two Cultures*. Cambridge: Cambridge University Press.

Sontag, Susan (1984). Una cultura y la nueva sensibilidad. *En Contra la interpretación y otros ensayos*, Barcelona: Seix-Barral.

Todorov, Tzvetan (2005). *Introducción a la literatura fantástica*. Buenos Aires: Paidós.

Trilling Lionel (1968). *Más allá de la cultura*. Barcelona: Lumen.

