



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO  
EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

FACULTAD DE CIENCIAS  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA

## **La incorporación de los principios del término Naturaleza de la Ciencia (NdC) a las producciones audiovisuales de divulgación científica**

T E S I S

que para optar por el grado de  
Maestra en Filosofía de la Ciencia

presenta:

**Marcela Martínez Rodríguez**

tutoras:

**Dra. María del Carmen Sánchez Mora**

**Mtra. Ana María Sánchez Mora**

Dirección General de Divulgación de la Ciencia

UNAM

México, Cd.Mx., marzo 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mis tutoras, Carmen y Ana María Sánchez Mora, por la paciencia, las recomendaciones y el tiempo que siempre me dedicaron. Su guía fue fundamental para emprender y concluir este proyecto.

Asimismo agradezco a mis sinodales, Gloria Valek, Fernanda Samaniego y Luz Lazos, por la lectura exhaustiva de este trabajo y sus atinados consejos para enriquecerlo. Mis tutoras y sinodales son mujeres notables por su inteligencia, su desempeño académico y su profesionalismo.

A Sergio Alcántara por su lealtad y solidaridad, por impulsarme a alcanzar mis metas y disfrutar conmigo los logros, por los primeros doce años juntos.

A Susana y Carlitos por acompañarme en todo lo que emprendo. A mis abuelos, Juana Guzmán (*in memoriam*), Pedro Rodríguez y María Luisa Chávez por transmitirme, con su ejemplo, esfuerzo y perseverancia. A Chabelita por su cariño y ayuda incondicionales. A Chucho (*in memoriam*) por regalarme cuatro maravillosos años. A Don Héctor (*in memoriam*).

A Anaïd Linares por su sólida amistad, por estar en los días adversos y en los momentos de dicha. A Juan Carlos Gutiérrez, por resistir y superar las desventuras. A José M. Cárdenas por su sinceridad y orientación. A Christian Hernández por el apoyo y la compañía. A Melina Castillo, Behrang y Kasra Keshavarz por abrir las puertas de sus respectivos hogares y compartir experiencias inolvidables.

A los amigos que siempre han estado a mi lado: Jennifer Victoria, Daniela Caballero, Ivonne Aguilar, Leonardo Nájera, Manuel y Daniel Castillo, Enrique Bautista, Fabiola Ortega, Karen Alcántara, Dea Alcántara, Behrang Alcántara, Sari Islas y Omar Alcántara.

A mis compañeros de maestría: María Mondragón, Laura Rosales, Blanca Cárdenas y Marco Miramontes.

A Pilar Garibay por ayudarme a trabajar los duelos que viví en estos dos años.

A los baristas, Araceli, Pablo y “Bakero”, por las enseñanzas y las pláticas acompañadas por el mejor café en Ciudad Universitaria.

Agradezco a CONACyT por la beca otorgada para la realización de este trabajo en el período de agosto de 2013 a julio de 2015.

## ÍNDICE

<b>Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo 1: La Naturaleza de la Ciencia (NdC)</b>	
- El término NdC y su importancia.....	10
- Breve desarrollo histórico de los estudios sobre la NdC.....	15
- Los principios de la NdC: propuestos en la didáctica y criticados en la filosofía.....	23
- Propuesta de reestructuración de los principios de la NdC.....	41
<b>Capítulo 2: Las producciones audiovisuales de divulgación científica</b>	
- Divulgación de la ciencia: características y objetivos.....	50
- Audiovisuales de divulgación científica: origen y características.....	58
<b>Capítulo 3: Los audiovisuales de divulgación científica y la NdC</b>	
- Incorporación de la NdC en los audiovisuales de divulgación científica .....	69
- Metodología de análisis, un proyecto de investigación a futuro.....	72
<b>Conclusiones.....</b>	<b>74</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>77</b>

## Introducción

Entre 2005 y 2013 trabajé en la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC) de la UNAM. Primero comencé colaborando en el Área de Video porque me interesaba aprender sobre producción audiovisual, especialidad que elegí en la carrera de Ciencias de la Comunicación. Posteriormente trabajé en el Departamento de Televisión. Además de aprender sobre las diferentes etapas de la producción, me interesé mucho por la tarea divulgativa.

Durante ocho años trabajé en las diferentes áreas de la producción audiovisual en divulgación de la ciencia, desde la investigación hasta el montaje y la edición, pasando por el diseño, la elaboración de guion, la producción y la asistencia de realización de spots, cápsulas, programas de televisión y documentales producidos por la DGDC. La tarea que pude desarrollar más, y mi preferida, fue la elaboración de guion. Los guiones que escribí estaban destinados, principalmente, a la realización de cápsulas para televisión, cuyo objetivo era mostrar la importancia de la labor científica de la UNAM.

En poco tiempo desarrollé una serie de pasos a seguir para poder escribir los guiones. En principio había que elegir un tema bajo ciertos criterios, el primero era dar a conocer investigaciones, servicios o proyectos realizados por científicos de la UNAM; el segundo criterio era el público meta, que estaba determinado de antemano por el programa y el canal de televisión donde se transmitían las cápsulas; y el tercer criterio era la relación del tema con la vida cotidiana del público. Una vez elegido el tema, con base en los criterios mencionados, definía una forma de abordarlo; aunque limitada por los recursos humanos y económicos esta se podía dividir en tres: el primer abordaje consistía en comunicar al espectador la utilidad directa de los resultados de una investigación científica en su vida cotidiana; el segundo trataba de comunicar el significado de la investigación, sin hacer mucho énfasis en el beneficio inmediato, pero tratando de presentar la importancia del trabajo científico en sí mismo; y el tercero intentaba ofrecer una explicación de la investigación, ahondado más en elementos circundantes a la labor científica en tanto comunidad, sin apelar demasiado a la vida cotidiana del público. Este último abordaje era el menos usual.

Después de elegir el tema y decidir el abordaje, llevaba a cabo una búsqueda de información, cuya exhaustividad y profundidad estaban determinadas por el tipo de abordaje: para comunicar al espectador la utilidad directa de una investigación no había que ser tan exhaustivo ni profundo; en cambio, para ofrecer una explicación sobre la importancia de la investigación para la ciencia, había que ahondar más. Encontraba la información en diversas fuentes: notas periodísticas, artículos en revistas de divulgación, documentales o programas de televisión, enciclopedias, libros, artículos científicos

publicados en revistas arbitradas y tesis. Una vez que tenía una idea más o menos clara del tema, buscaba la ayuda de un investigador para que me explicara su trabajo con relación al contenido, y que de esta forma me ayudara a resolver dudas surgidas a partir de la información recabada. El encuentro con el investigador consistía principalmente en una entrevista, pero en ocasiones iba más allá, por ejemplo podía hacer un recorrido por el lugar donde el investigador realizaba su trabajo y a veces hasta conocer las diferentes herramientas que empleaba (modelos, mapas, documentos, entre otros). En ocasiones también platicaba y cuestionaba a los estudiantes o a los colegas del investigador para conocer otros aspectos del tema.

Una vez que contaba con la información necesaria para escribir el guion, la jerarquizaba. Esta jerarquización se relacionaba, de nuevo, con el abordaje; es decir había que seleccionar qué tanta información, y con qué profundidad, se iba a incluir en el guion. La duración final de las cápsulas era de aproximadamente tres minutos, tres cuartillas en un guion a dos columnas, es decir alrededor de 750 palabras. A continuación realizaba una escaleta, o primer tratamiento del guion, donde se describían brevemente los puntos principales a abordar, así como algunas ideas sobre las imágenes que ayudarían a reforzar la información y a desarrollar mejor el tema.

Después de trabajar la escaleta escribía el guion técnico, documento donde se describen detalladamente aspectos sobre el audio y el video, en él asentaba las instrucciones para el realizador y el editor, precisiones sobre la información y la forma en que sería presentada (en locución, en imágenes, si se insertarían entrevistas, los encuadres que se harían y a veces hasta los movimientos de cámara). Sobre la escritura de guion existen numerosas recomendaciones: que si deben ser párrafos cortos, que si el lenguaje debe ser sencillo y las oraciones cortas y no subordinadas, que deben evitarse los términos complejos, etc. Por supuesto es necesario tener buena redacción y gramática, al igual que también son necesarios conocimientos sobre el lenguaje visual para que las imágenes sean efectivamente una extensión del lenguaje escrito, y no sólo un mero acompañamiento de la palabra. Los aspectos técnicos indicados en el guion ayudan a que la imagen adquiera la importancia que merece. Sin embargo, como más adelante se detallará, hay un elemento que también debería tenerse en cuenta, principalmente en esta etapa del trabajo de guion, pero que suele dejarse de lado, se trata de las características de la ciencia a divulgar.

Una vez que terminaba de escribir el guion este pasaba por varias revisiones, la primera era del investigador que había proporcionado la información, este emitía su opinión y generalmente señalaba errores o imprecisiones, pocas veces también cuestionaba el tratamiento del tema. Otra de las revisiones la realizaba el jefe del departamento y, en algunas ocasiones, se llegaban a hacer lecturas con el equipo que integra departamento. A partir de estas revisiones algunos elementos del guion eran modificados. Una vez corregido,

el guion se enviaba al productor, quien comenzaba la planeación para la realización. Posteriormente se llevaba a cabo la realización, es decir la grabación de lo que sería incluido en la cápsula. Una vez grabado lo necesario, se hacía el montaje y la edición. Hasta ese momento estaba listo el producto audiovisual específico. Entonces, comenzaban las gestiones para insertarlo en algún medio predeterminado.

Este recuento del proceso de elaboración de guion, y de parte de la producción, de una cápsula audiovisual de divulgación científica, tiene la intención de hacer explícita la carencia de un elemento: el tipo de ciencia que se pretende divulgar. Esta carencia no es generalizada en el ámbito de la producción de audiovisuales de divulgación científica; sin embargo, en el lugar donde yo trabajé no existía un momento (a lo largo de la planeación y producción del audiovisual) en el cual se reflexionara sobre las características de la ciencia, con la intención fehaciente de incluirlas en los materiales audiovisuales.

Es decir, no había una parte del proceso de producción donde se reflexionara sobre las características a la ciencia a divulgar, si serían tradicionalistas, anticuadas y ajenas a la realidad actual de la labor científica; o si, por otro lado, serían incluidos elementos que denotaran una ciencia no rígida y con características actuales. Los encargados del diseño y la elaboración de estos materiales podrían pensar que, por supuesto, no querían reflejar una ciencia anticuada, y hasta asegurarían que sus producciones en efecto reflejaban una ciencia actual, sin embargo la realidad es que su trabajo era realizado de una manera tan automática (debido principalmente a la gran carga laboral) y a veces tan intuitiva, que casi nunca había un momento para reflexionar sobre las características de la ciencia que divulgaban.

En el ámbito laboral donde trabajé, la gente encargada de realizar productos audiovisuales (guionistas, productores, realizadores, editores, coordinadores de los proyectos) pocas veces nos deteníamos a trazar los objetivos que pretendíamos alcanzar con tales productos. Y las ocasiones en que teníamos tiempo para hacer una reflexión meticulosa de los materiales, no incluíamos las características principales de la ciencia. Generalmente estos materiales se hacen por encargo, con la finalidad de ser insertados en dependencias, institutos, centros de investigación universitarios o eventos de ciencia específicos, por lo que la mayoría de los objetivos están previamente establecidos por la instancia que solicita las producciones. Por ejemplo, 2010 fue el Año Internacional de la Biodiversidad, así que el Instituto de Biología solicitó un documental sobre la biodiversidad en México, cuya finalidad era promover la diversidad biológica en nuestro país, pero también exhortar a su cuidado. De tal manera que los objetivos del material devenían de la instancia que lo solicitó. También está el material que pretende insertarse en espacios televisivos, o en circuitos cerrados accesibles a un público no necesariamente universitario. Es precisamente en estos materiales donde debería haber un mayor esfuerzo por trazar objetivos, y paradójicamente es donde existe menor interés.

A partir de los años que trabajé en la DGDC, pude observar que las personas que trabajamos en el diseño y producción de materiales audiovisuales, solemos prestar mucha atención a varios elementos, que los datos científicos sean correctos, que se incluyan datos “duros” (estadísticas, porcentajes, gráficas, comparativos) que reflejen un “estudio científico serio”, o que exista una figura de autoridad (un investigador experto en el tema) que sirva para respaldar y justificar la información. Sin embargo, hay una omisión del contexto social, político e histórico en la cual se encuentra inmersa la labor científica, además, el vínculo con la sociedad generalmente se mencionaba sólo como beneficio de un producto terminado.

La labor científica tiene una gran implicación social, política y económica, por mencionar algunos factores, de manera que afecta y es afectada por el contexto donde se realiza. Se han desarrollado numerosos análisis desde la historia y la sociología de la ciencia, que han modificado poco a poco la visión tradicional del trabajo que realizan los científicos. A pesar de esto, en la actualidad hay varias producciones audiovisuales de divulgación científica que presentan una ciencia con características poco sociales.

Muchos de estos materiales suelen divulgar sólo una parte de la ciencia, la que se refiere a los resultados de su labor, y que además se convierte en tecnología o encuentra alguna utilidad en la sociedad. Asimismo, frecuentemente mencionan “descubrimientos”, como si los científicos encontraran las soluciones. De manera que se deja de lado que la labor científica es un proceso complejo de investigación, que implica mucho trabajo de diferente tipo: lectura, investigación, entrevistas, observación, conexión de datos, escritura, experimentación, reflexión, discusión, creatividad, debate, fracasos, acuerdos, desencuentros, entre otras actividades que se reflejan en pocos materiales de divulgación.

Mi preocupación específica es que las personas que desarrollan productos audiovisuales de divulgación, en general, son mucho menos conscientes y cuidadosos con el tipo de ciencia que reflejan cuando hacen divulgación, en comparación con los divulgadores de la ciencia que realizan productos escritos. Por supuesto generalmente tienen más tiempo para realizar sus productos, y quizá esto les permita una mayor reflexión. Sin embargo, en los productos audiovisuales aún queda mucho camino por recorrer, porque se siguen fórmulas fáciles de divulgación (mezcle datos duros, una figura de autoridad, mencione experimentos, y no olvide aseverar que los resultados son útiles o traerán beneficios a la sociedad, indispensable una frase como “la ciencia está en todos lados”). Hay algo que se está dejando de lado en varias producciones audiovisuales de divulgación, y específicamente en el lugar donde trabajé, esta carencia consiste principalmente en reflexionar sobre, e incluir, las características de la ciencia, para que así lo divulgado refleje la labor científica real actual, y no una labor idealizada.



Quizá varios de los divulgadores en medios audiovisuales, con los cuales trabajé, sean conscientes de que la ciencia no es tradicionalista, de que no se apega estrictamente al método científico, sin embargo siguen siendo incapaces de reflejarlo en sus materiales de divulgación. Las personas que realizan productos audiovisuales de divulgación tienen profesiones diversas, algunos son comunicólogos, diseñadores gráficos, periodistas, realizadores, científicos, entre otros. Sin embargo, es raro que se interesen en los aspectos filosóficos, sociológicos o históricos de la ciencia, pues ya suficiente trabajo es comprender temas científicos y divulgarlos respondiendo a tiempos acotados y exigencias, a veces, irreconciliables (la de los científicos por un lado y la de los coordinadores de medios por otro). Y aunque la diversidad profesional enriquece la tarea de divulgar, sería importante que además hubiera un interés por analizar las características de la ciencia a divulgar, o bien que el equipo de trabajo que desarrolla las producciones de divulgación incluyera a un filósofo de la ciencia.

Tal vez leer sobre filosofía de la ciencia tome mucho tiempo, es por ello que en este trabajo retomo y replanteo una lista con ocho características de lo que podría considerarse importante sobre la ciencia; y sugiero que los implicados en el diseño, y realización, de productos audiovisuales de divulgación científica, utilicen tales particularidades como una guía a incorporar en la planeación de sus producciones. Esta lista de características resulta idónea para integrarse en los audiovisuales de divulgación porque logra sintetizar y hacer aprehensible algo tan contextual como la ciencia. Esta lista de características tiene como punto de partida un conjunto de principios de la Naturaleza de la Ciencia (en adelante NdC), término que se originó en la didáctica de la ciencia en Estados Unidos, y a pesar de que ha sido criticado desde la filosofía de la ciencia, logra sintetizar ocho características principales de la labor científica.

El término NdC, y sus principios, fueron elaborados desde la didáctica, con la intención de incorporarlos a la educación en ciencia de Estados Unidos. La intención era que los alumnos tuvieran nociones básicas sobre la labor científica, pero también que, en un futuro, se convirtieran en adultos con los conocimientos mínimos sobre la ciencia y su quehacer. Es por ello que el término NdC parece ideal para ser incorporado en la planeación, y realización, de materiales de divulgación científica.

Los productos de divulgación de la ciencia casi siempre se planean para un “público general”, desde niños hasta adultos mayores. Por supuesto este público es demasiado extenso; sería mejor que se pensara en públicos más acotados para planear productos más específicos. Quizá una primera idea para acotar sea partir de la escolaridad promedio del público mexicano que, de acuerdo con datos del INEGI, es de segundo año de secundaria. Sin embargo sería más importante pensar en el medio donde se pretende insertar el material audiovisual para, con base en eso, investigar sobre el tipo de público que conforma dicho

medio, porque no toda la población tiene acceso a la televisión. De manera que si el material se piensa insertar en televisión de paga, lo más probable es que la escolaridad sea superior al segundo de secundaria. Pero, si por el contrario, el audiovisual se quiere transmitir en circuitos cerrados de sistemas de transporte colectivos (como metro o metrobús), entonces quizá la escolaridad sí sea de secundaria. De manera que es importante cruzar información sobre el medio, el público y los objetivos, para entonces mejorar el diseño de los materiales. La incorporación de los principios del término NdC, en la planeación de producciones audiovisuales de divulgación científica, podría resultar idónea y enriquecedora.

Este trabajo de investigación resalta la necesidad urgente de incorporar los principios del término NdC en las producciones audiovisuales de divulgación de la ciencia, ya que este nicho permite transmitir mayor información (pues cuenta con las palabras y las imágenes), y también favorece la profundización de un tema (al abordarlo con una variedad de estrategias audiovisuales). Reflexionar e incluir las características principales de la ciencia puede ayudar a que el público aprehenda mejor la idea y las implicaciones de la ciencia, y que se forme una concepción más cercana a la realidad de la labor científica, para que así no la idealice, y conozca mejor sus alcances y limitaciones. A continuación se detallan el objetivo y la hipótesis general de este trabajo, así como la descripción de los capítulos que lo conforman.

### **Objetivo general**

Mostrar la necesidad y la importancia de incorporar los principios del término Naturaleza de la Ciencia (NdC), en las producciones audiovisuales de divulgación científica.

### **Hipótesis general**

El término Naturaleza de la Ciencia (NdC) surgió en la didáctica de la ciencia y logra sintetizar características filosóficas, históricas y sociológicas de la ciencia en ocho principios. La incorporación de estos principios, en las producciones audiovisuales de divulgación científica, ayudará a esclarecer las características principales de la ciencia y a divulgar la labor científica actual.

### **Objetivos específicos**

1. Profundizar en el conocimiento del término NdC, y sus principios, mediante sus orígenes y desarrollo histórico, para criticarlos y reestructurarlos.

2. Profundizar en el conocimiento de la divulgación de la ciencia y del audiovisual, para resaltar las coincidencias que guarda con los principios de la NdC.
3. Proponer la incorporación de los principios de la NdC en las producciones audiovisuales de divulgación de la ciencia

En la primera sección, del primer capítulo, se lleva a cabo un análisis del término NdC a partir de sus orígenes en la didáctica de la ciencia, y se describe su importancia. En la segunda sección, se hace un breve desarrollo histórico de los estudios sobre la NdC. En la tercera sección, se exponen los principios que integran el término para hacer una crítica desde la filosofía de la ciencia. En la cuarta sección, y con base en la crítica anterior, se propone una reestructuración que resulta en una lista de características principales de la labor científica. De manera que el propósito de este capítulo, en relación con el objetivo general del trabajo, es concretar una lista de características principales la labor científica (a partir del término NdC y sus principios) que se pueda incorporar en el diseño y producción de audiovisuales de divulgación.

Por otro lado, en la primera sección del segundo capítulo se hace una descripción de las características y los objetivos de la divulgación de la ciencia. A partir de esto, en la segunda sección se apuntan las coincidencias que tales características y objetivos, guardan con los principios de la NdC. En la tercera sección se explican las características de los audiovisuales de divulgación científica, con la intención de resaltar las ventajas que este medio ofrece para divulgar las características principales de la labor científica. El propósito de este capítulo, en relación con el objetivo general de esta investigación, es resaltar los puntos de encuentro entre los principios de la NdC, la divulgación de la ciencia y las producciones audiovisuales de divulgación, para encauzar con mayor eficacia la lista propuesta en la última sección del capítulo anterior.

Finalmente, el tercer capítulo consiste en una propuesta de incorporación de la NdC en los audiovisuales de divulgación. Esta integración es urgente para poder divulgar, con mayor fidelidad, las características de la labor científica actual. Hacia el final del capítulo se propone la idea de diseñar, en una investigación futura, una metodología de análisis de la NdC en audiovisuales de divulgación, ya que las investigaciones en esta área son pocas. El propósito de este capítulo, en relación con el objetivo general de esta tesis, es describir la forma en que se podría incorporar el listado de ocho características a los audiovisuales, para así potenciar su capacidad divulgativa.

En las conclusiones se recuerdan las ventajas de incorporar los principios de la NdC, en los audiovisuales de divulgación, para mejorar la comprensión de la labor científica y establecer mejor sus alcances y límites. La intención final es potenciar e intentar mejorar la capacidad divulgativa de los audiovisuales.

## Capítulo 1

### La Naturaleza de la Ciencia (NdC)

#### *El término NdC y su importancia*

Es difícil rastrear e identificar el origen del término NdC, pues la mayor parte de la información se encuentra dentro del campo de la didáctica de la ciencia, donde fue originalmente propuesto. De manera que casi no hay literatura en la filosofía sobre este término. Los diversos autores que la describen hacen referencia a que es de difícil aprehensión, y señalan que la componen elementos de diversas áreas, como la filosofía, la sociología y la historia de la ciencia (Ryan y Aikenhead, 1992; Lederman, 1992; Bell y Lederman, 2003 y Acevedo, 2008).

Como varias disciplinas y áreas del conocimiento se intersectan, y llevan a cabo una reflexión sobre el conocimiento mismo, se dice que este término consiste en un metaconocimiento. Y por medio de diferentes lentes es que investigadores de diversas áreas (filosofía, sociología, historia) se hacen preguntas respecto a la labor científica, su funcionamiento, sus productos y su relación interna (dentro de la misma comunidad científica) y externa (con la sociedad y la cultura).

La construcción del término NdC ha sido difícil, porque este hace referencia a la ciencia, y la ciencia es un concepto complejo en tanto que consiste en una labor cambiante y contextual. Debido a que la construcción de este término es producto de un grupo de investigadores con formación diversa, es que se vuelve más complicado y cambiante. Por ello, algunos autores sostienen que no existe una única NdC (Rudolph, 2003; Lederman, 2007 y Acevedo *et al.*, 2007b). Pero esto, a la vez, es consecuencia del hecho de que la ciencia misma es subjetiva, contextual y cambiante.

El término NdC resulta por un lado esclarecedor, porque detalla varios aspectos de la labor científica, pero por el otro también constriñe. Esto lleva a pensar que la concreción del término NdC, y su caracterización, inevitablemente será arbitraria, ya que la reflexión sobre la ciencia será tan variada como los grupos de personas que estén involucrados, su formación académica, la finalidad de su reflexión, el momento en el que se lleva a cabo la propuesta, entre otras características. Por lo tanto, el producto será inevitablemente una NdC restringida, y por supuesto a veces también parecerá incompleta o simple. Sin embargo, esta simplificación será necesaria si se quiere partir de algún punto para lograr una reflexión.

La propuesta de esta investigación es criticar el término NdC, construido en didáctica de la ciencia, se le critique desde la filosofía de la ciencia, para reconstruirlo e insertarlo en las producciones audiovisuales de divulgación científica. Esta propuesta pretende concretar un conjunto de características básicas de la ciencia y su labor, cuya inclusión en los audiovisuales es urgente para poder reflejar la labor científica actual.

A pesar de ser un término un tanto escurridizo, Norman G. Lederman<sup>1</sup> define la NdC como la epistemología de la ciencia, los valores y creencias inherentes al conocimiento científico y su desarrollo. Esta concepción del término NdC ha sido acogida, principalmente, por aquellos dedicados a estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencia, y quienes consideran que la NdC se refiere (tal cual la definición anterior) a la epistemología, los valores y los supuestos inherentes al conocimiento científico. A esta definición se suman otros autores como Ryan y Aikenhead (1992).

Por otro lado, están los investigadores que consideran la NdC un término más amplio, que también contempla qué es la ciencia, cómo es su funcionamiento interno y externo, cómo se constituye y desarrolla el conocimiento que produce, cuáles son las características de la comunidad científica que los desarrolla, cuáles son sus relaciones con la tecnología y la sociedad y, finalmente, cuáles son las características de la comunidad científica.

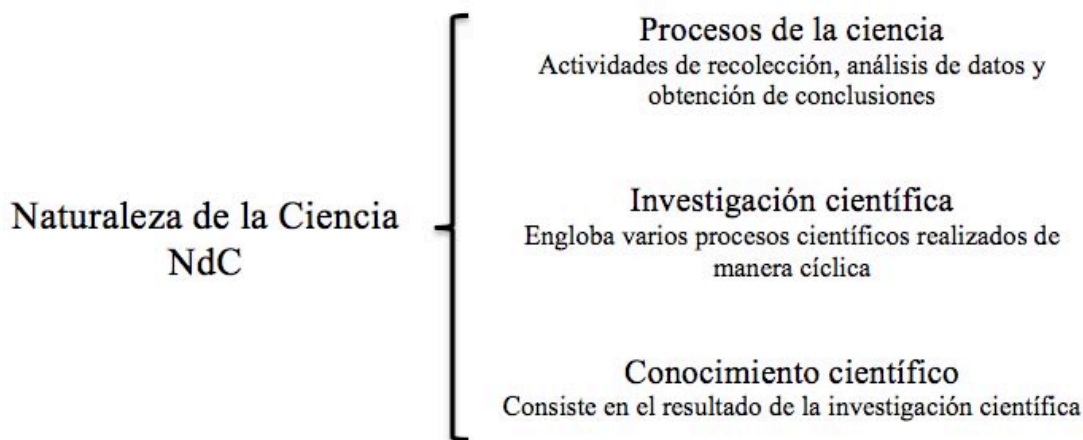
A pesar de que ambos grupos están de acuerdo en que la incorporación de la NdC en la educación científica es útil y benéfica, difieren respecto a si la NdC debe limitarse al ámbito epistemológico de la ciencia, o si además debe abarcar aspectos vinculados a la relación ciencia-sociedad (Lederman, 1992). También se ha sugerido cambiar el término por “naturaleza de las ciencias” en plural, debido a que se piensa que cada disciplina científica podría presentar características diferentes, y de esta manera su estudio sería aún más específico y acotado. Así, por ejemplo, existiría una “naturaleza de la química” o una “naturaleza de la física”, por mencionar algunas. Sin embargo, otros autores opinan que, en realidad, las diferencias entre una disciplina y otra no son tan grandes como para hablar de “naturalezas” diferentes para cada una de ellas (Acevedo, 2008, p.148).

Para ayudar a clarificar más el término, Lederman (2006) lo distingue de tres conceptos con los cuales suele confundirse: los procesos, la investigación y el conocimiento científico. Lederman aclara que los procesos científicos son actividades de recolección, análisis de datos y obtención de conclusiones. Por otro lado, la investigación científica

---

<sup>1</sup> Norman G. Lederman es biólogo de formación y actualmente profesor de Matemáticas y Educación en Ciencia en el Illinois Institute of Technology, ha dedicado gran parte de su trabajo académico al estudio del término NdC en ámbitos pedagógicos con estudiantes y profesores, por lo cual se le considera una autoridad confiable en este tema.

engloba varios procesos científicos que se realizan de manera cíclica. Y finalmente el conocimiento es resultado de la investigación. De tal forma que, en tanto que la NdC hace referencia a fundamentos epistemológicos, de las actividades de la ciencia y de las características del conocimiento resultante, se entendería que en ella están incluidos aspectos de los procesos de la ciencia, de la investigación científica y del conocimiento resultante de esa investigación científica. A continuación se presenta un cuadro que elaboré para ilustrar lo anterior:



La definición que Lederman presenta también se basa en los consensos que han alcanzado los diversos investigadores del tema, y que han quedado establecidos en las Normas Nacionales de Educación en Ciencia (National Science Education Standards, NSES), de Estados Unidos. Las NSES (National Research Council, 1996) son un conjunto de directrices para la enseñanza de la ciencia en escuelas primarias, o educación elemental (en la cual se inscriben niños de entre 4 y 11 años de edad aproximadamente), y secundarias, o educación media (alrededor de los 12 y 14 años de edad); a esto se le denomina educación K-12 (porque hace referencia a la educación que comienza en el *kindergarten*, o jardín de niños, y termina en el 12º grado, es decir educación secundaria o media). Estas directrices fueron establecidas por el Consejo Nacional de Investigación (National Research Council), y brindan un conjunto de objetivos que deben ser integrados por los profesores en su labor educativa. Estas directrices se enfocan, sobre todo, en lograr una sociedad científicamente alfabetizada.

Lederman (2006) acepta que el significado de la NdC ha sido motivo de controversia entre investigadores en didáctica de la ciencia y filósofos de la ciencia<sup>2</sup>. Sin embargo, también señala que para el nivel escolar al que se dirigen las NSES (K-12) hay muy poco desacuerdo, entre los investigadores en didáctica de la ciencia, sobre la definición y las características del término NdC.

En principio, se puede identificar el surgimiento del término NdC a raíz de la inquietud por saber si la educación científica escolar incluía no sólo datos científicos, sino además una explicación sobre qué es la ciencia, cómo funciona interna y externamente, qué elementos la constituyen, cómo se desarrolla el conocimiento que produce, y cuál es su relación con la sociedad (Acevedo et al, 2005, p.122). Pero más allá de esto, también resulta interesante preguntarse sobre la utilidad de la enseñanza y el aprendizaje de la NdC. Respecto a las razones de la importancia de comprender la NdC, Driver, Leach, Millar y Scott (1996) mencionan motivos utilitarios, democráticos, culturales, morales y de aprendizaje:

- Por el lado utilitario, comprender la NdC resultaría necesario para entender el sentido de la ciencia, y emplear los objetos y procesos tecnológicos en la vida cotidiana.
- Desde la perspectiva democrática, comprender la NdC sería necesario para tomar decisiones informadas en cuestiones sociocientíficas.
- Por el lado cultural, comprender la NdC parecería útil para apreciar el valor de la ciencia, en tanto parte de la cultura contemporánea.
- Respecto al ámbito de lo moral, comprender la NdC ayudaría a conocer las normas de la comunidad científica, y que implican compromisos morales de valor general en la sociedad.
- Y finalmente, comprender la NdC facilitaría el aprendizaje de materias científicas.

(Driver, Leach, Millar y Scott, 1996)

Estas razones resultan convincentes porque implican que, gracias a la comprensión de la NdC, los ciudadanos podríamos aprovechar la labor científica, y los resultados de la misma, para nuestro beneficio. Y no sólo esto, quizá incluso tener la capacidad de opinar, y actuar, en aspectos políticos concernientes a temas de ciencia y sociedad. Sin embargo, como podrá leerse en la siguiente sección, ni es tan fácil enseñar las características de la NdC, ni su enseñanza garantiza que efectivamente los estudiantes la empleen para todo lo acotado en las razones que brindan Driver, Leach, Millar y Scott.

---

<sup>2</sup> Más adelante, en este mismo capítulo, a partir de la página 33 se explica a detalle esta controversia.

Respecto a la perspectiva democrática, por ejemplo, aún no se han llevado a cabo suficientes estudios para saber si la NdC, en efecto, ayuda a los estudiantes a tomar decisiones informadas en cuestiones sociocientíficas de su vida cotidiana. En un estudio, Bell y Lederman (2003) encontraron que la comprensión de la NdC no parece influir demasiado en la toma de decisiones, los individuos que participaron en el estudio más bien emplearon valores personales, morales y éticos, pero no echaron mano de sus conocimientos en NdC, a pesar de que todos tenían conocimiento pleno del término. Los autores concluyeron que aunque la toma de decisiones es un proceso complejo, los datos obtenidos se oponían a la suposición de que la comprensión de la NdC contribuía, de manera significativa, a la toma de decisiones de una persona (Lederman, 2007, p.857).

Por otro lado, la enseñanza y el aprendizaje de la NdC podrían ayudar a reflexionar sobre, y cuestionar, ideas acerca de la labor científica que frecuentemente no coinciden con la realidad. Por ejemplo, en un estudio sobre las ideas que los estudiantes tienen sobre la ciencia, Ryan y Aikenhead (1992) concluyeron que: a) existe una gran confusión entre ciencia y tecnología; b) los estudiantes no tienen una idea clara sobre el carácter público y privado de la ciencia, y el efecto que los valores de los científicos tienen para el conocimiento que generan; c) sólo el 17% es consciente del carácter inventivo que implica el conocimiento científico; d) 19% cree que los modelos científicos son copias de la realidad; e) 64% tiene la idea de que existe una relación jerárquica en la cual las hipótesis se convierten en teorías y las teorías se convierten en leyes, dependiendo de la cantidad de pruebas existentes. Estas concepciones sobre la ciencia y su labor reflejan una carencia del conocimiento sobre la empresa científica. La reflexión sobre la NdC podría ayudar a modificar estas concepciones.

Por otro lado, McComas (1998, p.12) enfatiza el hecho de que conocer la forma en que se lleva a cabo la labor científica, es vital para que las personas sean capaces de criticar y reflexionar sobre la ciencia, así como conocer sus alcances y limitaciones. A veces en la escuela se cultiva una adoración exagerada por la ciencia, y se cae en el cientificismo. Lo mismo pasa en la divulgación de la ciencia, particularmente en el ámbito donde yo trabajé, con frecuencia se escuchan frases como “la ciencia está en todos lados” o “la ciencia es capaz de resolver cualquier problema”. Estas expresiones reproducen la idea de que la ciencia es capaz de abarcar y resolver cualquier aspecto; sin embargo existen ámbitos donde la ciencia no es la mejor opción para abordar o resolver un tema. Además, en estos materiales se habla de “la ciencia”, como si se tratara de un ente abstracto y no de una actividad humana, con lo cual se despersonaliza el trabajo científico. Asimismo, se presentan imágenes de un investigador trabajando en solitario, con lo cual se perpetua la idea de que la ciencia es resultado del trabajo individual, a pesar de que es un trabajo colectivo. Si una persona está consciente de los límites y alcances de la ciencia, quizá será capaz de aprehenderla sin caer en su deificación. Precisamente, una de las particularidades



de la ciencia radica en cultivar el constante cuestionamiento, pero a veces la enseñanza de esta se lleva a cabo de manera dogmática y acrítica, y a veces la divulgación también cae en este dogmatismo.

Quizá estos objetivos sobre la comprensión de la NdC tengan muy buenas intenciones y grandes expectativas; sin embargo, la enseñanza de la NdC al menos hace que los estudiantes reflexionen sobre la ciencia misma, sobre su método y su funcionamiento, sobre las personas que la hacen y el contexto en el cual se hace, su influencia y aquello que la influencia. La NdC debe ser considerada e incluida en el ámbito de la divulgación de la ciencia, ya que puede servir como guía para no dejar de lado algunas de las características más importantes de la labor científica. Aunado a los estudios que se mencionaron, existen diversas investigaciones alrededor de este tema, de ello se hablará en el siguiente apartado, donde se lleva a cabo un breve resumen del desarrollo histórico de los estudios sobre la NdC.

#### *Breve desarrollo histórico de los estudios sobre la NdC*

Los científicos, pero sobre todo los profesores de áreas científicas, han sido los más interesados en el estudio de la NdC, cuyo objeto de investigación han sido estudiantes y profesores. Aunque la demarcación de las investigaciones no es del todo clara, se distinguen tres etapas. A continuación se presenta un esquema para tener una idea general de los estudios, y posteriormente se hace un breve resumen de cada etapa, donde se detallan algunos de los más destacados.

- Estudios sobre la NdC
  1. Primera etapa (entre las décadas de los 50 y los 70): investigaciones sobre la concepción de la NdC en estudiantes y profesores.
  2. Segunda etapa (entre las décadas de los 70 y los 90): reforma en los planes de estudio, para incluir la enseñanza de la NdC de manera implícita (por medio de actividades y prácticas en el salón de clases, para que los estudiantes tuvieran una idea del trabajo científico, y desarrollaran habilidades para desempeñarlo). Posterior a la reforma, de nuevo se llevan a cabo investigaciones sobre la concepción de la NdC en estudiantes y profesores.
  3. Tercera etapa (desde la década de los 90 hasta el presente): cambio en la forma de enseñar la NdC, pues ahora se hace de manera explícita (se incluyen aspectos de la historia y la filosofía de la ciencia, se realizan actividades, como debates, que

conduzcan a la reflexión sobre las implicaciones de la ciencia y el conocimiento). Una vez más, se hacen investigaciones sobre la concepción de la NdC en estudiantes y profesores pero, a diferencia de las etapas anteriores, estas son cualitativas.

En los primeros años de lo que aquí se ha denominado primera etapa, el término NdC apenas comenzaba a dibujarse, de hecho los estudios iniciales no eran específicamente sobre la comprensión de la NdC como tal, sino que se enfocaban en analizar la concepción del conocimiento científico, o bien en la imagen de la ciencia que tenían los estudiantes y los profesores. Sin embargo, estas primeras investigaciones se consideran la base de lo que en el futuro se convertiría en los estudios sobre la NdC.

Entre las investigaciones más destacadas de este período, se encuentra la de Leland L. Wilson de 1954. A partir del desarrollo y validación de un cuestionario sobre actitud científica (*Science Attitude Questionnaire*), Wilson reportó que los estudiantes creían (el autor emplea el verbo *believe*) que el conocimiento científico era absoluto, y que el objetivo primario de los científicos era develar verdades y leyes naturales (Wilson, 1954, pp.159-164).

A principios de los años setenta, Lindsay D. Mackay llevó a cabo un estudio entre estudiantes australianos, y llegó a la conclusión de que no tenían conocimiento sobre: (a) el rol de la creatividad en la ciencia; (b) la función de los modelos científicos; (c) los roles de las teorías y su relación con la investigación; (d) las distinciones entre hipótesis, leyes y teorías; (e) la relación entre experimentación, modelos y teorías, y la verdad absoluta; (f) el hecho de que la ciencia no se enfoca únicamente en la acumulación y clasificación de hechos; (g) la constitución de una explicación científica; y finalmente (h) las interrelaciones, e interdependencia, de las diferentes ramas de la ciencia (Mackay, 1971, pp.57-66). Otros estudios (Aikenhead, 1973) tuvieron resultados similares a los de Mackay, en los cuales se revelaban ideas erróneas sobre la labor científica y sus resultados.

Hacia finales de la década de los setenta, durante el desarrollo de la “Escala de la Naturaleza del Conocimiento Científico” (Nature of Scientific Knowledge Scale NSKS), Peter A. Rubba (Rubba y Andersen, 1978) reportó que 30% de los estudiantes de preparatoria encuestados creían que la investigación científica revelaba verdades absolutas e incontrovertibles.

Aunado a lo anterior, la mayoría de los individuos que formaron parte de esta muestra creían que las teorías científicas eventualmente se convertían en leyes mediante pruebas constantes y confirmación. A finales de esa misma década, R.A. Bady (1979) también llevó a cabo un estudio a partir del cual concluyó que numerosos estudiantes, de

diversos grados escolares, creían que las hipótesis se podían probar y demostrar adecuadamente por medio de la verificación (Bady, 1979, pp.61-65).

Por otro lado, sobre las investigaciones en profesores, destacan las realizadas por R.L. Carey y N.G. Stauss en 1968 y 1971. Ambos estudios pretendían determinar si los profesores de ciencia, que impartían clases a nivel secundaria, tenían comprensiones adecuadas<sup>3</sup> de la NdC. Llevaron a cabo pruebas previas y posteriores a un curso de métodos científicos que los profesores tomaron. Los resultados revelaron que: (a) los profesores de ciencia no tenían concepciones aceptables sobre la NdC; (b) los cursos de métodos científicos mejoraban significativamente los puntajes de la posprueba, comparados con los obtenidos en la preprueba; y (c) variables como el grado de escolaridad, las materias impartidas y los años de experiencia en enseñanza, no habían influido determinantemente en las concepciones de la ciencia de los profesores (Lederman, 2007, p.840).

A partir de los resultados de la primera etapa, que en general informaban que estudiantes y profesores tenían concepciones inaceptables sobre la NdC, comenzó lo que podría considerarse una segunda etapa. En esta fase, un grupo de investigadores propuso modificaciones a los planes de estudio de la educación K-12, para que se incluyera la enseñanza de la NdC, pues se pensaba que era una forma de solucionar las carencias reveladas en los estudios previos.

Klopfer y Cooley (1963) desarrollaron el primer plan de estudios destinado a mejorar las concepciones de la NdC en los estudiantes. El plan de estudios “Historia de casos científicos para escuelas preparatorias” (History of Science Cases for High Schools, HOSC), pretendía que los profesores de ciencia incluyeran anécdotas de la historia de la ciencia, para transmitir a los estudiantes ideas importantes sobre la labor científica y las personas que trabajan en ella. Además de echar mano de la historia de la ciencia, otros estudios también hicieron hincapié en la importancia de enseñar el trabajo en el laboratorio, para que los estudiantes tuvieran una perspectiva más cercana a la labor científica. Y a raíz de otros estudios (Yager y Wick, 1966), se concluyó que los acercamientos enfocados en el

---

<sup>3</sup> A lo largo del desarrollo de estos estudios, los investigadores mencionan el término *adequate*, o *inadequate*, para evaluar la comprensión de la naturaleza de la ciencia. En español esto podría traducirse literalmente como “adecuado” e “inadecuado”. Sin embargo, en inglés el significado de *adequate*, de acuerdo con el diccionario Merriam-Webster, es “*enough for some need or requirement / good enough: of a quality that is good or acceptable*”. Pero en español el significado de “adecuado”, según el diccionario de la RAE, es “apropiado para alguien o algo”. En español es un adjetivo que necesita un parámetro de comparación, lo cual no sucede en inglés. De manera que se empleará otro adjetivo en español que se apegue más al significado del término en inglés. Así, en lo sucesivo se optará por “aceptable”, y su contraparte “inaceptable”, porque este adjetivo no requiere un parámetro de comparación, pues según la RAE significa “digno de ser aprobado”. Aunado a esto, también cabe señalar que los términos “adecuado” y “aceptable” tienen una connotación normativa desde la didáctica de la ciencia.

trabajo de laboratorio producían una mejora en la comprensión de la naturaleza de la empresa científica.

Hacia finales de la década de los años setenta, Aikenhead (1979) también desarrolló, y puso a prueba, el plan de estudios “Ciencia, una forma de conocer” (*Science: a way of knowing*). El objetivo principal de este nuevo plan de estudios, era que los estudiantes desarrollaran las siguientes habilidades: (a) una comprensión realista y no mítica de la naturaleza, de los procesos y de los aspectos sociales de la ciencia; (b) una diversidad de habilidades investigadoras, así como la capacidad para interpretar, responder y evaluar circunstancias en la sociedad científica y tecnológica donde están inmersos; y, finalmente (c) una comprensión de la interacción ciencia y tecnología, y de la relación de estas con otros aspectos de la sociedad (Aikenhead, 1979, pp.23-25).

A pesar de las buenas intenciones, el impacto de los diversos planes de estudio, que ahora incluían la enseñanza implícita de la NdC, no fue tan claramente benéfico. Las evaluaciones que se llevaron a cabo, después de la aplicación de estos planes modificados, revelaban que los estudiantes seguían sin mostrar una cabal comprensión de la NdC (Welch, 1966; Jungwirth, 1970; Tamir, 1972; Durkee, 1974).

Debido a que el plan de estudios era el mismo para todos los estudiantes encuestados, los investigadores comenzaron a pensar que un factor crucial, para la comprensión de la NdC, eran los profesores. Esto sucedió a partir de un estudio que hizo Robert E. Yager (1966), en el cual evaluó la experiencia de ocho profesores, que empleaban el mismo plan de estudios bajo las mismas condiciones de trabajo (días de discusión, prácticas en laboratorios y materiales de enseñanza). Al final del curso, Yager evaluó a los alumnos de estos profesores con el TOUS (Prueba de comprensión de la ciencia “Test On Understanding Science”), y concluyó que existían diferencias significativas, en las habilidades de los estudiantes para comprender la NdC, cuando se las enseñaban diferentes profesores (Lederman, 1992, pp.338).

A partir de ese momento los estudios se centraron, aún más, en la evaluación del conocimiento de la NdC en los profesores, bajo la idea de que estos no podían enseñar algo que desconocían. Efectivamente, los resultados de la mayoría de los estudios indicaron que los maestros tampoco poseían un nivel de comprensión aceptable. Un ejemplo de esto es la investigación de J.M Aguirre, S.M. Haggerty y C.J. Linder (1990), quienes evaluaron a 74 profesores de secundaria por medio de un cuestionario. Los investigadores concluyeron que la mayoría de los profesores creían (*believed*) que la ciencia era: a) un cuerpo de conocimiento que consistía en un conjunto de observaciones y explicaciones; o b) un conjunto de proposiciones que habían demostrado ser correctas (Lederman, 2007, p.841).

En esta segunda etapa se comenzó a notar la importancia que tenía la enseñanza de la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia. Durante la validación de su “Escala de la Naturaleza de la Ciencia” (Nature of Science Scale, NOSS), Merritt E. Kimball se dio cuenta de que los profesores con posgrado en filosofía de la ciencia obtenían puntajes más altos en la NOSS, que los científicos mismos o que otros profesores de ciencia sin este posgrado. A partir de este dato, se concluyó que la inclusión de cursos de filosofía de la ciencia, como parte de la formación de profesores en ciencia, podría mejorar su labor. Posteriormente, Carey y Stauss (1970), a partir de un estudio con más de doscientos profesores de primaria y secundaria, también recomendaron incluir cursos de filosofía de la ciencia, para mejorar el conocimiento de la NdC en los futuros profesores de la licenciatura en ciencia (Lederman, 1992, p. 332 y 341).

Ya en la década de los noventa, y como resultado de los estudios previamente realizados, comenzó una tercera etapa. En esta fase, algunos investigadores (Duschl y Wright, 1989; Lederman, 1992, 1999; Mellado, 1996; Palmquist y Finley, 1997; Tobin y McRobbie, 1997; Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; entre otros) cuestionaron la existencia de una relación directa entre las concepciones de los profesores sobre la NdC, y su forma de enseñarla. Consideraron necesario un cambio de perspectiva en la forma de realizar estos estudios, que prácticamente se hacían igual desde los años sesenta. Estos investigadores apelaban a la necesidad de estudiar el comportamiento de los profesores en clase, para conocer su forma de explicar y transmitir la NdC.

Las investigaciones permitieron concluir que, si bien parecía necesario que los profesores tuvieran una concepción aceptable de la NdC, ésta era insuficiente para mejorar las concepciones de los estudiantes (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Abd-El-Khalick, 2001). Por otro lado, también concluyeron que la relación entre las creencias del profesorado sobre la NdC y su práctica docente, no era lineal. Lograron distinguir la concepción de la NdC que tiene un profesor, de sus creencias acerca de cómo se debe enseñar la ciencia (Lederman, 1999; Manassero y Vázquez, 2000; Acevedo et al., 2005; Acevedo, 2008).

En las etapas anteriores se diseñaron diversos instrumentos de medición de la NdC (TOUS<sup>4</sup>, WISP<sup>5</sup>, NOSS<sup>6</sup>, NOST<sup>7</sup>, VOST<sup>8</sup> por mencionar algunos de los más empleados),

---

<sup>4</sup> La “Prueba de la comprensión de la ciencia” (Test On Understanding Science), creada en 1961 por Klopfer y Cooley.

<sup>5</sup> El “Inventario de procesos de la ciencia de Wisconsin” (Wisconsin Inventory of Science Processes), creado en 1967 en el “Centro de investigación en literatura científica” (Scientific Literacy Research Center).

<sup>6</sup> La “Escala de la naturaleza de la ciencia” (Nature of Science Scale) creada en 1968 por Kimball.

<sup>7</sup> La “Prueba en naturaleza de la ciencia” (Nature of Science Test) creada en 1975 por Billeh y Hasan.

<sup>8</sup> La “Prueba en perspectivas de la ciencia” (Views of Science Test) creada en 1987 por Aikenhead, Flemimng y Ryan.

pero poco a poco, los investigadores se dieron cuenta de lo complicado que era evaluar un constructo tan complejo, mediante preguntas de opción múltiple o con escalas de acuerdo-desacuerdo. Así que, en el desarrollo mismo de los diversos instrumentos de medición, se fueron incluyendo cuestionarios con preguntas abiertas, y poco a poco esto derivó en metodologías más cualitativas, que intentaban comprender la forma en que estudiantes y profesores pensaban la NdC. De manera que en las últimas décadas, los investigadores recurrieron, con mayor frecuencia, al uso de pruebas abiertas y entrevistas (Lederman, 2007, p.862).

Después de este cambio de perspectiva, se trató de considerar más la interacción entre el profesor y sus alumnos, y el contexto escolar. En esta etapa se pensó que una enseñanza explícita de la NdC mejoraría su comprensión. La enseñanza explícita se refiere a que la NdC es incluida en los contenidos y en las actividades del salón de clases; por ejemplo, los estudiantes se involucran en debates que los hagan reflexionar sobre las investigaciones que se hacen en ciencia, y las implicaciones del conocimiento resultante (Akerson et al., 2000), asimismo los profesores exponen a los alumnos el término naturaleza de la ciencia y hacen explícitos sus objetivos (Acevedo, 2008, p.139).

Los estudios sobre NdC de principios del siglo XXI incorporaron el elemento “alfabetización científica” (Lederman, 1992). Es decir, un interés por el hecho de que las personas tengan la capacidad de comprender y explicar fenómenos de la naturaleza, así como de leer y discutir artículos sobre ciencia, identificar las cuestiones científicas inmersas en su vida social, política o económica, y además tomar decisiones informadas. De manera que, entre las líneas de investigación más recientes sobre NdC, se encuentra saber si la comprensión de esta influye de manera significativa en las decisiones que toman los estudiantes, no sólo en el ámbito escolar, sino también en su vida personal y social en relación con la ciencia (Lederman, 2007).

Los temas de investigación más recientes han diversificado sus líneas: algunas abordan las razones para incluir la NdC en la enseñanza de la ciencia; otras continúan avocadas a generar, o recabar consensos sobre la NdC; también se siguen haciendo evaluaciones sobre las creencias de la NdC, aunque algunos autores consideran que sería importante extenderlas a científicos, laboratoristas, ayudantes, e incluso miembros de la sociedad que no se dediquen a la ciencia; asimismo se lleva a cabo formación docente en NdC; también se realizan investigaciones para debatir sobre el término mismo, específicamente, si debería seguirse llamando “naturaleza de la ciencia”, o si debería cambiarse por “naturaleza de las ciencias”; finalmente también hay estudios sobre la relación entre las actitudes del profesorado hacia la filosofía de la ciencia, y su desempeño en el salón de clases (Acevedo, 2008, p.143).

Por otro lado, algunos autores (Haidar, 1999; Tsai, 2001; Abd-El-Kahlick y Akerson 2004; Lederman, 2007; Liu y Lederman, 2002; Acevedo, 2008) también sugieren que debería iniciarse, o ampliarse, la investigación relacionada con la manera en que el contexto de una población, así como su cosmovisión, influye en sus creencias sobre la NdC. Otros autores (Acevedo, Vázquez, Paixao, 2005; Walters-Adams, 2006) consideran que, si bien es importante el estudio sobre la NdC para su inclusión en los planes de estudio, este tampoco constituye un factor único entre la variedad que existe en el salón de clases.

Finalmente, cabe mencionar que hay otro tipo de estudios que se han enfocado en realizar consensos sobre las características, o los principios, que constituyen a la NdC (McComas y Olson, 1998; Osborne, *et al.*, 2003). Estos trabajos se han llevado a cabo aproximadamente desde la década de los ochenta hasta la actualidad. Las conclusiones de estos estudios han conducido a la concreción de al menos ocho temas sobre la NdC, que diversos investigadores consideran básicos. Un resumen de estos estudios, y sus conclusiones, serán abordados en el siguiente apartado.

Después de este breve recorrido histórico, es posible llevar a cabo varias reflexiones. En principio, se observa que la NdC surgió como un término que intentaba definir los elementos característicos de la ciencia. Consistía, principalmente, en una propuesta para que la enseñanza no quedara en la mera recolección de datos duros, sino que conllevara una reflexión sobre la ciencia, su quehacer y la gente que trabaja en ella. Se trató de enseñar una ciencia más en contexto, para que los estudiantes fueran conscientes de lo que esta implicaba. Al principio, la NdC quizá se contemplaba como una manera de hablar de la “esencia” de la ciencia. Este intento por descubrir esa esencia recuerda a los positivistas lógicos. En parte es comprensible que así sea, pues en la época en que comenzaron los estudios sobre la NdC, la influencia de los positivistas lógicos era fuerte.

Hacia los años setenta, los mismos resultados de las evaluaciones aseguraban que los estudiantes presentaban concepciones positivistas de la ciencia<sup>9</sup>. La misma tendencia cuantitativa, que poco a poco fue derivando a lo cualitativo, refleja un desapego al positivismo, y un acercamiento, o aceptación, a una mayor pluralidad. Con el tiempo, los investigadores en NdC comprendieron que el término requería ser más amplio y contextual, que debía, si acaso, bosquejar algunas características, pero que no podía ser tan restrictivo. Parece que el cambio de lo cuantitativo a lo cualitativo, ha devenido en una aceptación del carácter cambiante de la ciencia.

---

<sup>9</sup> Ver página 15, en donde se describen los resultados de algunos estudios sobre la percepción de la NdC en estudiantes.

A lo largo de estos estudios, los investigadores también se dieron cuenta de que la enseñanza de la historia, de la filosofía, de la sociología de la ciencia, y de las prácticas en el salón de clases, aportaban elementos valiosos para que los estudiantes comprendieran y aprendieran más sobre la empresa científica. La intención de cambio en la enseñanza y el aprendizaje, así como la intención de ampliar los horizontes de la comprensión de la ciencia y su labor, para tener claro que se trata de un constructo cambiante, han sido reflexiones valiosas desde la didáctica.

Aunque la divulgación de la ciencia no pretende educar como tal, el nivel tan básico que alcanzan las propuestas de enseñanza sobre NdC podría aprovecharse en el ámbito de la divulgación, sobre todo para que las personas que elaboran producciones de este tipo tengan conocimiento de algunos elementos de la labor científica. Y aunque la escuela es la principal fuente de formación, y la que nos ha insertado la idea de una ciencia acartonada o rígida (con características predominantemente positivistas), la divulgación de la ciencia podría ayudar y dejar de reproducir todas las características que denotan una ciencia tradicionalista.

Las características tradicionalistas, acartonadas o positivistas se refieren a la tendencia de aferrarse a ideas o costumbres del pasado. A continuación se mencionan algunas características que distinguen al positivismo:

- a) Se enfatiza la verificación.
- b) Se da mucha importancia a la lógica, así como al significado y al análisis del lenguaje.
- c) Se habla de un único método científico válido, que se basa en datos observacionales y mediciones para generar conocimiento.
- d) Derivado del anterior, sólo se consideran valiosas las proposiciones basadas en la observación.
- e) Existe una insistencia en demarcar lo que es y lo que no es ciencia.

Algunos de estos puntos, que caracterizan al positivismo, se pueden encontrar en algunas producciones audiovisuales de divulgación. De manera que resulta urgente construir una lista sobre las características de la ciencia, que se apeguen más a la realidad actual de su práctica.

A partir del breve recorrido histórico, se puede notar que hasta la década de los noventa se hace una recopilación de los principios que conforman el término NdC. Los investigadores consideraban que estos principios constitutivos de la NdC debían estar presentes en la enseñanza de la ciencia. Estos principios reflejan una ciencia cada vez menos positivista, pero aún así en algunos puntos parecen hacer una descripción



tradicionalista. Es por ello que en el siguiente apartado serán descritos los principios propuestos desde la didáctica de la ciencia, y posteriormente serán criticados.

La NdC ayuda a tener una mejor comprensión de la labor científica, a no idealizar la ciencia, a considerar que la ciencia está conformada por procesos y aspectos sociales (que influyen en el conocimiento resultante), a hacer una distinción entre ciencia y tecnología, y en concreto a conocer sus alcances y limitaciones. En tanto que la NdC, y sus principios, ayudan a aprehender la ciencia y su labor, su integración en el diseño de audiovisuales podría mejorar significativamente su calidad divulgativa.

A pesar de que las características positivistas son lo que más se critica, en realidad no existe una postura específica que se considere correcta. Imponer una postura en particular sesgaría y acotaría de manera importante una labor tan compleja como la ciencia. Por lo tanto, no existe una postura adecuada de concepción de la NdC. Lo que podría funcionar mejor sería una lista de puntos sobre los aspectos importantes a considerar cuando se quiere hablar de las características principales de la ciencia.

#### *Los principios de la NdC: propuestos en la didáctica y criticados en la filosofía*

A lo largo del devenir histórico de los estudios en NdC, es posible observar que en los resultados hay una constante mención de una percepción “inaceptable” de la NdC. De manera que surge la pregunta ¿qué es lo que los investigadores en NdC consideran “aceptable”? Para establecer acuerdos y definir lo que se consideraba una comprensión aceptable sobre la NdC, pero también para conocer las características básicas de la NdC, que se incluirían en los planes de estudio, se llevaron a cabo varias investigaciones que intentaron llegar a consensos. A continuación, se presentan los estudios más destacados que han realizado esfuerzos por consensuar las principales características, y contenidos, de la NdC.

McComas y Olson, 1998:

El análisis de documentos internacionales sobre temas de ciencia que llevaron a cabo William F. McComas y Joanne K. Olson arrojó luz sobre el tema del consenso, ya que muestra los acuerdos que se han alcanzado respecto a la NdC a nivel internacional. Los autores llevaron a cabo un análisis comparativo de la NdC, en los principales documentos internacionales de normas de educación científica. Los autores identificaron oraciones que incluían una definición o descripción específica de la ciencia, su funcionamiento, su impacto, así como los elementos relacionados con la generación de conocimiento, o bien los procesos involucrados en los aspectos intelectuales de la ciencia.

De manera que los autores clasificaron las oraciones que contenían datos relacionados con: a) la historia de la ciencia; b) las cualidades de los conocimientos; c) el comportamiento de los científicos; y por último d) las definiciones y cualidades de la ciencia. Al final los autores pudieron identificar 16 puntos de consenso, a partir de las coincidencias en los contenidos analizados. A continuación se presenta un cuadro con los puntos consensuados por McComas y Olson (McComas y Olson, 1998, pp.41-51), retomado de un texto de Acevedo (2007a), que se eligió por estar traducido al español.

√	Aunque es duradero, el conocimiento científico <u>tiene carácter provisional.</u>
√	El conocimiento científico se basa fundamentalmente, pero no por completo, en observación, <u>pruebas empíricas</u> , argumentos racionales y escepticismo.
√	No existe una sola manera de hacer ciencia; por tanto, no hay ningún método científico universal en etapas sucesivas.
√	<u>La ciencia es un esfuerzo para explicar los fenómenos naturales.</u>
√	Las leyes y teorías desempeñan papeles diferentes en la ciencia; las teorías no se convierten en leyes acumulando más pruebas adicionales.
√	<u>Las personas de todas las culturas contribuyen a la ciencia.</u>
√	<u>El conocimiento nuevo debe comunicarse clara y abiertamente.</u>
√	Los científicos necesitan disponer de registros exactos, someterse a la revisión por iguales, <u>información veraz y la posibilidad de replicar los resultados.</u>
√	Las observaciones científicas están cargadas de teoría.
√	<u>Los científicos son creativos.</u>
√	La historia de la ciencia revela a la vez <u>un carácter evolutivo</u> y revolucionario.
√	La ciencia es parte de <u>las tradiciones sociales</u> y culturales.
√	<u>La ciencia y la tecnología interactúan entre sí.</u>
√	<u>Las ideas científicas están influidas por su entorno histórico y social.</u>
√	<u>La ciencia tiene implicaciones globales.</u>
√	<u>Los científicos toman decisiones éticas.</u>

Tabla 1.- Puntos de acuerdo a partir del consenso sobre NdC obtenidos a partir del análisis de documentos internacionales en el estudio de McComas y Olson en 1998 (Acevedo et al., 2007a, p.47).

Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003:

Jonathan Osborne, Sue Collins, Mary Ratcliffe, Robin Millar y Rick Duschl establecieron consensos sobre las “ideas acerca de la ciencia”, que ellos consideraban debían ser enseñadas a los estudiantes. Este consenso lo alcanzaron gracias a la metodología Delphi, un cuestionario de tres etapas a lo largo de las cuales participaron 23 expertos, entre los que se encontraban educadores de ciencia, científicos, historiadores, filósofos y sociólogos de la ciencia.

Las preguntas principales del cuestionario fueron: ¿qué debería enseñarse en la escuela a los estudiantes acerca de la naturaleza de la ciencia?, ¿qué debe enseñarse al ciudadano promedio, para que tenga conocimientos en ciencia hacia el final de su educación básica (que en el Reino Unido, donde se llevó a cabo el estudio, es alrededor de los 16 años)? A partir de este cuestionario los autores pudieron conjuntar diez temas, que propusieron incluir en los planes de estudio (Osborne et al., 2003, pp.692-720). A continuación se presenta un cuadro que describe los temas.

<i>TEMAS</i>	<i>Recomendaciones para el currículo. Debería enseñarse que ...</i>
<i>Ciencia y curiosidad</i>	Un aspecto importante del trabajo científico es el continuo proceso cíclico de hacer preguntas y buscar respuestas que conducen a nuevas preguntas. Este proceso hace emerger nuevas teorías y técnicas científicas que se prueban empíricamente.
<i>Creatividad</i>	La ciencia es una actividad que implica creatividad e imaginación, como sucede en tantas otras actividades humanas, y algunas ideas científicas son extraordinarios logros intelectuales. Los científicos, lo mismo que otros profesionales, son humanos, apasionados y están comprometidos en su trabajo. También confían en la inspiración y la imaginación.
<i>Hipótesis y predicción</i>	Los científicos formulan hipótesis y hacen predicciones de los fenómenos naturales. Este proceso es esencial para el desarrollo de nuevos conocimientos.
<i>Métodos científicos y comprobación crítica</i>	La ciencia usa un método experimental para probar las ideas y, en particular, ciertas técnicas básicas como el control de variables. Además, el resultado de un solo experimento pocas veces es suficiente para establecer un nuevo conocimiento.
<i>Análisis e interpretación de datos</i>	La práctica científica implica destrezas en el análisis e interpretación de los datos. Los conocimientos científicos no surgen simplemente de los datos, sino después de un proceso de interpretaciones y construcción de teorías, lo que requiere habilidades sofisticadas. También es posible y legítimo que los científicos den diferentes interpretaciones de los mismos datos y que, por tanto, discrepen.
<i>Diversidad del pensamiento científico</i>	La ciencia utiliza una serie de métodos y enfoques. No existe un único método científico.
<i>Ciencia y certeza</i>	Gran parte del conocimiento científico, sobre todo en la ciencia escolar, está bien establecido y fuera de toda duda razonable, pero otra parte del mismo es más dudosa. El conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede estar sujeto a cambio en el futuro ante nuevas pruebas o nuevas interpretaciones de las antiguas.
<i>Desarrollo histórico del conocimiento científico</i>	Es necesario conocer un poco de historia del desarrollo del conocimiento científico.
<i>Dimensiones morales y éticas del desarrollo del conocimiento científico</i>	Las decisiones en la aplicación del conocimiento científico y técnico no son neutrales; por tanto, podrían entrar en conflicto con valores morales y éticos de diversos grupos sociales.
<i>Cooperación y colaboración en el desarrollo del conocimiento científico</i>	El trabajo científico es una actividad colectiva y, a la vez, competitiva. Aunque algunos individuos pueden hacer contribuciones significativas, el trabajo científico se lleva a cabo con mucha más frecuencia en grupo, a menudo con carácter multidisciplinar e internacional. Generalmente, los nuevos conocimientos se comparten y deben superar un proceso de revisión crítica por los colegas para que sean aceptados por la comunidad científica.

Tabla 2.- Ideas sobre la ciencia que consiguen el consenso y deberían enseñarse en la ciencia escolar, de acuerdo con el estudio de Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl en 2003 (Acevedo et al., 2007a, p.51).

En el mismo documento donde presentan este estudio, Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl llevan a cabo una comparación entre los consensos que ellos encuentran, y los propuestos, cinco años antes, por McComas y Olson. A continuación se presenta tal información en una tabla.

*Comparison of themes emerging from this study with those from McComas and Olson's (1998) study of national standards*

McComas & Olson	Delphi Study
Scientific knowledge is tentative	Science and Certainty
Science relies on empirical evidence	Analysis and Interpretation of Data
Scientists require replicability and truthful reporting	Scientific Method and Critical Testing
Science is an attempt to explain phenomena	Hypothesis and Prediction
Scientists are creative	{ Creativity Science and Questioning
Science is part of social tradition	Cooperation and collaboration in the development of scientific knowledge
Science has played an important role in technology	Science and Technology <sup>b</sup>
Scientific ideas have been affected by their social and historical milieu	Historical Development of Scientific Knowledge
	Diversity of Scientific Thinking
Changes in science occur gradually	
Science has global implications	
New knowledge must be reported clearly and openly <sup>a</sup>	

<sup>a</sup>While this theme did emerge from round 1 of the study, it was not considered important enough by the participants for inclusion in top rated themes in subsequent rounds.

<sup>b</sup>This was not one of the 9 themes achieving consensus but came close with 65% rating its importance 4 or higher.

Tabla 3.- Comparación entre los consensos alcanzados en el estudio de McComas y Olson en 1998, y el realizado por Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl en 2003 (Osborne et al., 2003, p.713).

En la siguiente página se presenta la tabla anterior traducida al español:

Comparación entre los temas que surgieron en este estudio y los de McComas y Olson (1998) sobre los estándares nacionales	
McComas y Olson	Estudio Delphi
El conocimiento científico es tentativo	Ciencia y certeza
La ciencia se basa en evidencia empírica	Análisis e interpretación de datos
Los científicos necesitan replicabilidad y reportes veraces	El método científico y la comprobación crítica
La ciencia es un intento de explicar fenómenos	Hipótesis y predicción
Los científicos son creativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Creatividad</li> <li>— Ciencia y preguntas</li> </ul>
La ciencia es parte de la tradición social	Cooperación y colaboración en el desarrollo de conocimiento científico
La ciencia ha jugado un papel importante en la tecnología	Ciencia y tecnología <sup>a</sup>
Las ideas científicas han estado influenciadas por su entorno social e histórico	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Desarrollo histórico del conocimiento científico</li> <li>— Diversidad de pensamiento científico</li> </ul>
Los cambios en la ciencia ocurren gradualmente	
La ciencia tiene implicaciones globales	
El conocimiento novedoso debe ser reportado clara y abiertamente <sup>b</sup>	

<sup>a</sup> A pesar de que este tema surgió en la ronda 1 del estudio, los participantes no lo consideraron lo suficientemente importante para incluirlo en los temas más destacados de las siguientes rondas.

<sup>b</sup> Este no fue uno de los 9 temas que lograron consenso, sin embargo estuvo muy cerca de lograrlo con 65%, remarcando su importancia en 4 o más ocasiones.

Tabla 4.- Traducción del cuadro anterior que contiene la comparación entre los consensos alcanzados en el estudio de McComas y Olson en 1998, y el realizado por Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl en 2003 (Osborne et al., 2003, p.713).

En esta tabla comparativa, es posible observar algunos puntos de coincidencia entre ambos estudios, pero también hay elementos que faltan en alguno de los dos, por lo cual resulta enriquecedor retomar ambos para complementar. Por ejemplo, en el estudio basado en el método Delphi, se encuentra ausente el tema relacionado con el hecho de que el nuevo conocimiento debe ser reportado de manera clara y abierta. De acuerdo con McComas y Olson, este tema sí estuvo presente en la primera ronda del estudio (hay que recordar que

fueron tres); sin embargo, en las subsecuentes fue desechado por no alcanzar los porcentajes necesarios para seguir siendo tema principal.

Además de los consensos sobre las características de la ciencia consideradas importantes, también hay estudios que engloban consensos sobre las características, que se consideran inaceptables, sobre la empresa científica. Por ejemplo, dos estudios de William F. McComas (1996 y 1998) revelan varios mitos sobre la NdC. Otro estudio interesante sobre las visiones deformadas, inaceptables o míticas de la ciencia, es presentado por Isabel Fernández, Daniel Gil, Jaime Carrascosa, Antonio Cachapuz y Joao Praia (2002, pp.477-488) sobre las referencias encontradas en la literatura de revistas como *Science Education*, *International Journal of Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Studies in Science Education*, *Science & Education*, *Enseñanza de las Ciencias* entre 1990 y 2000.

Otras ideas inaceptables también se pueden extraer, y agrupar, a partir de los estudios mencionados en el último apartado del capítulo anterior. De manera que a continuación se presenta una compilación de todas las ideas inaceptables, resultantes de los estudios antes mencionados, a partir de las cuales se resumen nueve puntos:

1. La labor científica consiste en develar leyes naturales y verdades (Wilson, 1954), por lo tanto el conocimiento científico resultante es absoluto e incontrovertible (Wilson, 1954; Behnke, 1961; Rubba, 1977), no deja lugar a suposiciones.
2. La labor científica consiste en un conjunto de reglas y pasos lineales que integran el “método científico”, una fórmula infalible para obtener resultados. Este proceso carece de creatividad (Fernández et al., 2002). Estas ideas reflejan una concepción rígida de la actividad científica, como si se tratara de una labor exacta, cuantitativa, infalible y rigurosa, en la cual el método científico se presenta como un conjunto de etapas mecánicas capaz de solucionar cualquier problema. Relacionado con esto, también está la idea de que los experimentos son el principal camino hacia el conocimiento (McComas, 1996 y 1998).
3. La ciencia es un cuerpo de conocimientos que consiste básicamente en observaciones y explicaciones (Aguirre, Haggerty y Linder, 1990). A esto podría denominarse una concepción empiroinductivista y atórica de la ciencia, en la que se resalta el papel de observaciones y experimentos no contaminados por ideas a priori (Fernández et al., 2002).
4. Los modelos científicos son copias de la realidad (McComas, 1996 y 1998).

5. Las hipótesis se pueden probar y demostrar por medio de la verificación; cuando esto ocurre se convierten en teorías (Bady, 1979), que a su vez se convierten en leyes, por medio de pruebas y confirmación (Rubba, 1977).
6. La aceptación del conocimiento científico nuevo es inmediato (McComas, 1996 y 1998). Esto tiene que ver con una concepción aproblemática, ahistórica y dogmática de la ciencia, en la cual se piensa en la transmisión de conocimiento como un proceso lineal y acumulativo. En esta concepción se omite la complejidad, los problemas y las limitaciones alrededor de la construcción del conocimiento, de los períodos de cambio o de las reconstrucciones (Fernández et al., 2002).
7. La labor científica es individual (McComas, 1998). Bajo esta concepción, en la cual el conocimiento científico parece producto de un genio aislado, se deja de lado el trabajo en equipo (Fernández et al., 2002). Al desmitificar la idea del brillante científico que trabaja en solitario, tampoco se puede caer en el extremo de pensar que la ciencia es una labor sencilla.
8. Los científicos son particularmente objetivos en el desempeño de su trabajo (McComas, 1998).
9. La ciencia y la tecnología son casi lo mismo (McComas, 1998), ya que el objetivo de la ciencia es producir tecnología que beneficie a la sociedad (Bloom, 1989; Cobern, 1993). En este tema se encuentra implícita una concepción descontextualizada de la actividad científica, en tanto que se piensa en una relación básica entre ciencia y tecnología con la sociedad, pues se ve a la ciencia como factor necesario y suficiente para el progreso social. Esto lleva a otro problema, como el linchamiento de la ciencia por pensar que es la única responsable del deterioro ambiental, dejando de lado otros miembros de la cadena (Fernández et al., 2002).

Las ideas anteriores se consideran incorrectas, inaceptables o míticas debido a lo que a continuación se explica:

1. *Sobre el carácter relativo de la ciencia.* Es falso que la ciencia sea absoluta, debido a que una de sus características es precisamente que siempre se encuentra sujeta a revisión. Esto se debe, principalmente, a la información novedosa que puede surgir en cualquier momento. La evidencia acumulada apoya, valida y justifica una ley o una teoría, pero nunca podrá probar que tales leyes o teorías son verdaderas (McComas, 1998, p.58).

2. *Sobre los diversos métodos empleados por la ciencia.* De acuerdo con McComas, la idea de que existe un método científico único quizá se base en la presentación de resultados en las publicaciones, ya que se podría pensar que los científicos siguen un plan de investigación estandarizado. Sin embargo esto no es cierto, la mayoría de las veces el proceso de investigación no ocurre en el orden descrito en las publicaciones. Por otro lado, y relacionado con lo anterior, está la idea de que gracias a este método la ciencia es capaz de resolver cualquier problema o pregunta; sin embargo, existen temas que quedan fuera del ámbito de la ciencia, como las cuestiones morales, éticas o estéticas, que no pueden abordarse por completo desde la ciencia. Además, también está la excesiva importancia que se da a los experimentos, cuando de hecho no son la única herramienta que los investigadores emplean para generar conocimiento (McComas, 1998, pp.54, 62 y 64).
3. *Sobre la observación, la inducción y la creatividad.* Todos los investigadores recaban e interpretan evidencia empírica mediante un proceso denominado inducción, por medio del cual se recolecta evidencia hasta que se descubre una ley o se inventa una teoría. A pesar de que esta técnica es de gran ayuda, una gran cantidad de evidencia no garantiza la producción de conocimiento; para ello tiene que haber un paso crucial que es el de la creatividad, y sin ella el proceso de inducción implicaría la observación de todos los casos a lo largo del tiempo para poder llegar a una conclusión válida. Por lo tanto, la inducción no es una garantía para alcanzar conclusiones. Ciertamente, la capacidad de observación juega un papel importante, ya que distinguir un patrón en los datos recabados es vital para proponer una ley, pero para esto no hay un método, así que la creatividad del investigador resulta primordial para proponer leyes e inventar teorías. McComas menciona que la parte creativa del trabajo científico muchas veces se deja de lado en la escuela, ya que las prácticas de laboratorio suelen ser ejercicios de verificación, por lo cual los estudiantes no alcanzan a observar, ni a poner en práctica, la parte creativa (McComas, 1998, pp.58 y 69).
4. *Sobre los modelos científicos.* La creencia de que los modelos científicos son representaciones de la realidad conlleva una discusión sobre el realismo y el instrumentalismo. Por un lado, el realismo es una postura filosófica que considera que las representaciones describen realmente la situación en la naturaleza, de tal manera que los productos de la ciencia funcionan y permiten generar predicciones acertadas. Por otro lado, el instrumentalismo considera que los modelos son sólo herramientas que ayudan a representar la realidad, para así poder trabajar con ella. Sin embargo, una de las limitantes de la ciencia tiene que ver con el hecho de que



no es posible saber la verdad, o tener certeza absoluta, porque no existe una entidad omnisciente a la cual preguntarle (McComas, 1998, p.66).

5. *Sobre las hipótesis, las teorías y las leyes.* A pesar de que sí existe una relación entre las leyes y las teorías, ambas son tipos de conocimiento diferente. Las leyes son generalizaciones, principios o patrones en la naturaleza. Por otro lado, las teorías son explicaciones de tales generalizaciones. Las leyes son tan provisionales como cualquier otro conocimiento científico, por lo tanto no son absolutas. Las hipótesis son más bien predicciones y no tanto conjeturas (McComas, 1998, p.54 y 55).
6. *Sobre el proceso de aceptación del conocimiento científico nuevo.* Cuando se plantea una idea transgresora, contraintuitiva, radicalmente diferente a lo establecido o que proviene de fuera de la disciplina, su integración sin duda alguna es muy difícil, por lo cual la aceptación de nuevo conocimiento científico definitivamente no es inmediata (McComas, 1998, p.66).
7. *Sobre el trabajo en equipo.* La ciencia no es un empresa solitaria. Los sociólogos de la ciencia han hecho numerosas descripciones de la forma en que trabajan los científicos, y en tales relatos el conocimiento es producto del trabajo en equipo. En casos muy aislados, una idea científica surge en la mente de un solo individuo y es aceptada por la comunidad científica (McComas, 1998, p.68). La labor científica es más un largo proceso de negociación que una epifanía individual.
8. *Sobre la no objetividad de los científicos.* Los científicos no tendrían por que ser más objetivos que alguna otra persona. Los investigadores tienen numerosos prejuicios, ideas y bagaje que influye en las interpretaciones que surgen de las observaciones que llevan a cabo en su trabajo. Sin embargo, esto tampoco significa que los científicos se rijan bajo los mismos criterios que cualquier persona. Respecto a esto vale la pena abordar la reflexión de Otto Neurath sobre la objetividad. De acuerdo con Neurath a veces los criterios lógicos no son suficientes para que los científicos elijan entre teorías o hipótesis (quizá porque tales teorías o las hipótesis cuentan con los mismos atributos). Cuando esto sucede, los científicos echan mano del “motivo auxiliar”, que les ayuda a tomar decisiones en casos de incertidumbre.

De acuerdo con Neurath la aceptación de teorías o hipótesis va a depender de consideraciones que van más allá de la contrastación empírica de los enunciados, o de la refutación de las hipótesis por medio de experimentos, ya que no hay experimentos cruciales en la ciencia. Neurath estima que hay consideraciones

internas y externas a la práctica científica. Entre las consideraciones externas se encuentran cuestiones contextuales como el valor práctico de una teoría, su utilidad o su conveniencia social. Para Neurath no existe un proceso mecánico para la aceptación de hipótesis porque, aunque la ciencia tiene una metodología, es imposible aislarla de la parte social. Por lo tanto, tampoco se logra una completa neutralidad en la teorización ya que las actitudes personales, la formación y los intereses también van a influir en la elección de una teoría.

Cabe mencionar que Neurath tenía una concepción holista del conocimiento científico, consideraba que la ciencia era un producto humano, al servicio de intereses también humanos. De manera que pensaba en la actividad científica como un conjunto de procesos y productos dentro de un contexto histórico y social, sometida a la contingencia humana, que debía considerarse en constante construcción. Para ilustrar esto decía que "...somos como marineros que tienen que reconstruir su nave en medio del mar abierto, sin siquiera tener la posibilidad de desmantelarla en un muelle y reconstruirla con los mejores materiales...". En tanto que la teoría y la experiencia se entretajan, no es posible hablar de una total objetividad o neutralidad (Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2010).

9. *Sobre la distinción entre la ciencia y la tecnología.* La ciencia y la tecnología no son lo mismo. Una de las características de la ciencia es que no necesariamente tiene una aplicación. La investigación y el trabajo que se realiza por el mero interés de conocer se denomina ciencia pura, mientras que la utilización de esta en algún producto se llama ciencia aplicada o tecnología (McComas, 1998, p.67). La distinción entre ambas es importante para ampliar la concepción de la ciencia, y dejar de verla como un mero beneficio social.

Con base en los consensos que logran estos estudios, sobre las características que se consideran aceptables, o inaceptables, de la NdC, Lederman (1992) y Bell (2003) propusieron una lista de "principios" (*tenets*). Estos principios contienen algunas características básicas que los autores consideran importantes para que las personas aprendan. A continuación se presentan y, en siguientes apartados, se comentan y critican.

1. *Provisionalidad:* El conocimiento científico nunca está terminado, es provisional debido a que siempre está sujeto a cambios que responden a nuevas observaciones, y reinterpretaciones de las observaciones existentes (Lederman, 1992). El conocimiento científico está sujeto a cambio, debido a la evidencia nueva que pudiera presentarse, así como a las nuevas formas de pensar, e incluso al cambio de las leyes científicas. Las nuevas ideas en la ciencia frecuentemente son recibidas

con cierto escepticismo, especialmente si son contrarias a conceptos científicos que habían permanecido vigentes por un tiempo (Bell y Lederman, 2003).

2. *Evidencia empírica*: El conocimiento científico descansa sobre la evidencia empírica, porque parte de observaciones del mundo natural (Lederman, 1992). Lo empírico se refiere tanto a los datos cuantitativos, como a los datos cualitativos. Mientras que algunos conceptos científicos son principalmente teóricos, puesto que se derivan sobre todo de razonamiento lógico, todas las ideas científicas deben conformar datos observacionales, o experimentales, para poder ser considerados válidos (Bell y Lederman, 2003). Es importante aclarar que la contrastación del conocimiento científico con la evidencia empírica, que se aborda en este punto, no consiste en una verificación tal como los positivistas lógicos la entendían. La contrastación que aquí se refiere más bien apela a un incremento en la credibilidad y la confianza.

El proyecto más importante de los positivistas lógicos, que integraban el Círculo de Viena, fue la Enciclopedia para la Ciencia Unificada. Sus integrantes (entre los cuales se encontraban Moritz Schlick, Otto Neurath y Rudolph Carnap) pretendía eliminar la metafísica por medio de un análisis lógico del lenguaje. De manera que tomaban como base la lógica, la matemática y la física para lograr la unidad de la ciencia. Neurath propuso el fisicalismo como un lenguaje para reducir todos los enunciados científicos (estrictamente empíricos y observacionales), y a partir de ello construir teorías. Es decir, pensaba que las proposiciones debían encontrar una referencia empírica. Sin embargo la idea de contrastar todos los enunciados con experiencias empíricas, y llevar a cabo una reducción a términos puramente observacionales, encontró varias dificultades. Entre las primeras críticas se encuentra la de Karl Popper, quien se centró en la verificación de los hechos con la realidad, base para la distinción entre ciencia y no ciencia. A partir de esta crítica Carnap modificó el criterio de verificación por el de confirmación, pero en lugar de este Popper propuso el criterio de falsabilidad (Echeverría, 1997, pp.8 y 9; Ayer, 1965, p.205-215).

3. *Observación y deducción*: La ciencia se basa en la observación y la deducción. Las observaciones se recogen mediante los sentidos humanos y extensiones de éstos, las inferencias o deducciones son interpretaciones de esas observaciones (Lederman, 1992). La ciencia implica más que la acumulación de numerosas observaciones, más bien se deriva de una combinación de observación y deducción. La observación se refiere al uso de los cinco sentidos para recolectar información, frecuentemente auxiliada por la tecnología. La deducción implica el desarrollo de explicaciones a partir de observaciones, y frecuentemente se relaciona con entidades que no se

pueden observar directamente (Bell y Lederman, 2003). En resumen, las observaciones son enunciaciones descriptivas sobre fenómenos naturales accesibles a los sentidos. Por otro lado, las deducciones son más que observaciones, pues se trata de explicaciones de observaciones de fenómenos complejos, que no son directamente accesibles a los sentidos.

4. *Leyes y teorías científicas*: Las teorías y las leyes son diferentes tipos de conocimiento científico. Por un lado, las leyes describen las relaciones de los fenómenos de la naturaleza, y por otro, las teorías son explicaciones inferidas de los fenómenos naturales y de los mecanismos de las relaciones entre estos fenómenos naturales. Las hipótesis pueden derivar en teorías o en leyes, mediante la acumulación de pruebas y su aceptación por la comunidad científica. Sin embargo, las teorías y las leyes no guardan una relación jerárquica, pues ambas son tipos diferentes de conocimiento (Lederman, 1992).

Por un lado, una ley es una descripción sucinta de las relaciones, o patrones, que son observados repetidamente en la naturaleza. Las leyes, frecuentemente, se expresan en términos matemáticos. Por otro lado, una teoría científica es una explicación bien apoyada en fenómenos naturales. Debido a que las teorías y las leyes constituyen dos tipos diferentes de conocimiento, uno no puede convertirse en el otro. Por último, son similares en tanto que ambos tienen evidencia de apoyo sustancial, y son ampliamente aceptados por los científicos. Cualquiera de los dos puede cambiar si se presenta evidencia nueva (Bell y Lederman, 2003). Las teorías pueden o no contener leyes.

Un ejemplo de teoría sin leyes se encuentra en la química, específicamente en las teorías ácido-base. La experimentación con sustancias ácidas y alcalinas (básicas) existe incluso desde antes de que la química se constituyera como ciencia, y desde el siglo XVII se ha teorizado sobre los ácidos y las bases. Algunos investigadores intentaron dar explicaciones sobre su comportamiento, identificando patrones. En el siglo XIX, Svante August Arrhenius estableció la teoría de que la acidez o alcalinidad de una sustancia, depende de la disociación de un determinado ion en disoluciones acuosas. Pero aunque esta teoría se justifica en ciertas circunstancias, en otras no logra explicarse del todo. Ante estas inconsistencias, en el siglo XX surgió, entre otras, la Teoría general de los sistemas disolventes, y en la actualidad se siguen desarrollando diversas teorías para tratar de explicar el comportamiento ácido-base de las sustancias. Durante mucho tiempo se pensó que la acidez y la alcalinidad de una sustancia era una característica intrínseca. Sin embargo, en la actualidad se piensa en la acidez y la alcalinidad como una forma en que las sustancias se comportan bajo determinadas circunstancias.

Así que, a pesar de que existen diversas teorías que explican el comportamiento ácido-base de las sustancias, hasta la fecha no se establecido una ley de los ácidos o de las bases. Esto se debe a que las teorías ácido-base no son universales, porque se refieren únicamente a contextos y situaciones particulares. Las teorías ácido-base constantemente se modifican, y ninguna ha llegado a ser definitiva, por lo cual no se han sentado las bases por establecer alguna como ley. Este caso no es único en la química, de manera que alrededor de esta ciencia, que estudia los procesos de transformación de la materia, existen debates epistemológicos que cuestionan si en efecto tiene leyes naturales, como la física, o si el hecho de no poder formularlas cuestiona su autonomía en tanto ciencia (Vancik, 1999). En contraste con el ejemplo anterior, se puede hablar de las leyes de la mecánica clásica que se consideran universales en el mundo macroscópico, y no sólo se aplican a ciertos contextos como en el ejemplo proporcionado (Fiálkov, 1985; Córdoba, 1989; Valenzuela, 1995)<sup>10</sup>.

5. *Creatividad*: El conocimiento científico es en parte producto de la imaginación y la creatividad humanas (Lederman, 1992). La creatividad es una fuente de innovación e inspiración en la ciencia. Los científicos emplean la creatividad y la imaginación a lo largo de sus investigaciones (Bell y Lederman, 2003).
6. *Contexto social*: La ciencia es producto de la labor de personas, y por tanto se enmarca en un contexto cultural. Los científicos son producto de ese contexto, de manera que la ciencia también está influida por aspectos de la sociedad y la cultura donde se lleva a cabo, pues los valores de esta determinan hacia donde se dirige la ciencia, cómo se interpreta, como se acepta y también la forma en que se emplea. Asimismo, la ciencia también tiene impacto en la sociedad (Lederman, 1992; Bell y Lederman, 2003).
7. *Objetividad y subjetividad*: El conocimiento científico es en parte subjetivo, pues las personas que lo desarrollan se encuentran insertas en un contexto que, inevitablemente, influye en sus decisiones (Lederman, 2000). Los científicos tienden a ser escépticos y tienen mecanismos de auto regulación, como la revisión de pares, para tratar de ser lo más objetivos posible. Por otro lado, las intuiciones, las creencias personales y los valores sociales, juegan un rol principal en el desarrollo del conocimiento científico. Por lo tanto, la subjetividad no se puede eliminar por completo de la empresa científica (Bell y Lederman, 2003).

---

<sup>10</sup> Las referencias para construir estos ejemplos fueron aportados por el Químico José Mariano Cárdenas Méndez.

8. *Métodos científicos*: no hay un método único o universal. Los científicos emplean una gran variedad de acercamientos para generar conocimiento científico, por ejemplo la observación, la inferencias, la experimentación e incluso el descubrimiento casual (Bell y Lederman, 2003).

Estos ocho puntos fueron resumidos por Lederman y Bell a partir de numerosos estudios sobre consensos del término NdC (desde la década de los ochenta hasta años muy recientes). La definición y estructura de estos ocho puntos fueron producto del consenso de diversos expertos, principalmente en didáctica de la ciencia, pero también en sociología, historia y filosofía de la ciencia.

Al igual que en la definición misma de NdC, alrededor de los consensos sobre los puntos principales de esta, hubo debate respecto a si los puntos debían hablar únicamente de aspectos epistemológicos, o si también debían incluir cuestiones sociocientíficas. Los consensos se realizaron principalmente para que los profesores de ciencia tuvieran una idea más clara sobre los aspectos importantes de la ciencia, que los alumnos deben aprender. Es decir, los principios se diseñaron fundamentalmente para que los profesores tuvieran mejores herramientas en el desempeño de su labor docente.

Sobre la pregunta de para qué enseñar a los estudiantes los aspectos importantes sobre la ciencia, ya se ha respondido parcialmente en la primera sección de este capítulo, pero la idea principal de los investigadores en NdC es que los alumnos (en tanto futuros miembros de la sociedad) sean capaces de desarrollar actitudes y concepciones de la ciencia que sean más apegadas a la realidad de esta labor, y que esto les ayude a tomar decisiones sociocientíficas. Sin embargo, Acevedo (2008, pp. 141 y 149) menciona que aún no se han llevado a cabo los estudios que ayuden a saber si estos objetivos se están cumpliendo. A continuación se presentan otros cuestionamientos que surgieron alrededor de los principios de la NdC, pero esta vez las críticas se originaron en la filosofía de la ciencia.

A partir de los diversos estudios que se llevaron a cabo para tratar de conciliar un conjunto de características principales de la NdC, que serían incluidas en los planes de estudio, surgieron varias propuestas de los que comenzaron a denominarse principios de la NdC. Por supuesto, como ya se ha mencionado varias veces, estos estudios se llevaron a cabo desde la enseñanza de la ciencia.

Sin embargo, como las características se relacionan con temas filosóficos, pronto algunos filósofos de la ciencia comenzaron a criticar y hacer observaciones sobre estos principios. Entre las críticas más destacadas se encuentra la de Brian J. Alters (1997a, pp.39-55), quien llamó a un consenso entre la comunidad de los filósofos, para mostrar el

desacuerdo que existía alrededor de varios aspectos, sobre los cuales los investigadores en NdC aseguraban consenso.

En su estudio, Alters se muestra en desacuerdo ante el hecho de que los investigadores en didáctica de la ciencia hayan desarrollado una lista de principios de la NdC, pues considera que los filósofos de la ciencia son los expertos en cuestiones de ciencia y su epistemología. De manera que Alters lleva a cabo un estudio entre la comunidad de filósofos de la ciencia, no para construir otra lista de principios, sino para criticar la lista original y poner el dedo sobre la llaga en ciertos temas, con la intención de que, en futuros estudios, los investigadores en didáctica de la ciencia integren tales recomendaciones.

Alters deja al descubierto la existencia de desacuerdos por parte de la comunidad de filósofos sobre temas de epistemología de la ciencia abordados en los principios de la NdC. Su estudio consistió en una encuesta con veinte preguntas a 210 filósofos, miembros de la Asociación de Filósofos de la Ciencia (Philosophy of Science Association), la comunidad más grande de esta profesión. Esta fue una de las razones por las cuales Alters la eligió, la otra fue que los considera una autoridad en el campo de la epistemología de la ciencia. Como ya se mencionó, la intención de las críticas que hace Alters es que los investigadores en NdC replanteen los principios propuestos.

Una de las molestias que se identifica en el escrito de Alters es que los investigadores en didáctica de la ciencia consensen principios sobre la NdC cuando, desde la perspectiva del autor, ni siquiera los filósofos de la ciencia (que él considera autoridades en el tema) lo han logrado. A partir de los resultados de su encuesta, Alters concluyó que la enseñanza de la NdC debía realizarse con un mayor pluralismo epistemológico, con la intención de combatir el adoctrinamiento y las posturas dogmáticas. Lo que se puede leer entre líneas, en la crítica del autor, es que considera que la propuesta de principios de la NdC resulta demasiado restrictiva para una labor tan contextual como la ciencia. Para Alters sencillamente no podría existir un consenso sobre la NdC, y por ello apela a un pluralismo que no se ciña a una mera lista de principios.

Sin embargo, el trabajo de Alters fue criticado (Smith *et al.*, 1997; Eflin, Glennan y Reisch, 1999) porque se consideró que el disenso que presentaba en su estudio era un tanto artificial, pues sus preguntas eran sesgadas hacia los temas más polémicos de la NdC. Aunado a ello, en trabajos posteriores se demostró que, aún dentro de la comunidad de filósofos, sí existían consensos, sobre todo en los temas impartidos en educación básica. Por supuesto que hay otros temas que son causa de numerosas polémicas entre los filósofos, pero estos son más avanzados y profundos, no se trata de temas que se pretendan incluir en la educación K-12.

Vale la pena profundizar en la crítica conducida por Julie T. Eflin, Stuart Glennan y George Reisch (1999, pp.107-116). La respuesta de estos autores a la crítica de Alters, resume algunos de los principales acuerdos y desacuerdos, acerca de la NdC, entre los expertos en educación científica. Según estos autores, el consenso se puede encontrar en los siguientes puntos:

- a) El principal propósito de la ciencia es adquirir conocimiento sobre el mundo físico.
- b) En el mundo hay un orden fundamental que la ciencia pretende describir de la manera más sencilla y comprensible posible<sup>11</sup>.
- c) La ciencia es cambiante, dinámica y provisional.
- d) No existe un único método científico.

Mientras que el consenso de los desacuerdos fue que:

- a) La generación del conocimiento científico depende de compromisos teóricos, y factores contextuales sociales e históricos.
- b) La verdad de las teorías científicas está determinada por aspectos del mundo que existen de modo independiente de los científicos.

Con base en la experiencia que los autores adquirieron al realizar este estudio, plantean que gran parte de los filósofos de la ciencia y los científicos están de acuerdo con los especialistas en didáctica de las ciencia, respecto a los puntos de consenso señalados. Y remarcan que los dos aspectos donde no hay acuerdo entre los expertos en educación científica, también son controversiales entre los filósofos de la ciencia (Eflin, Glennan y Reisch, 1999, p.110).

De acuerdo con Eflin, Glennan y Reisch, está bien que Alters mencione que los filósofos no están de acuerdo en varios puntos, pero consideran que tampoco es justo que les pida a los investigadores en didáctica de la ciencia tener discusiones tan profundas como las que caracterizan a los filósofos, sobre todo con respecto a temas que quizá no son tan cruciales para ser abordados en la educación en ciencia a nivel básico. De acuerdo con estos

---

<sup>11</sup> Cabe resaltar que este punto, aunque producto del consenso sobre los acuerdos acerca de la NdC entre expertos en educación científica, refiere un supuesto metafísico.



autores, en lugar de apelar a los filósofos de la ciencia como “autoridades”, lo que los educadores de ciencia y los investigadores de la NdC podrían hacer sería involucrarse más en debates sobre filosofía de la ciencia, para que ellos mismos retomem lo necesario y lo lleven a su terreno los temas que les interesen. Sin embargo, también recomiendan que tengan en mente que algo tan complejo como la labor científica, es muy difícil de restringir a sólo una lista de principios (Eflin, Glennan y Reisch, 1999, p.112).

Asimismo, los autores exhortan a los filósofos de la ciencia a que ayuden a los investigadores en didáctica de la ciencia, para encontrar los puntos de encuentro cruciales entre el debate de la NdC y la literatura en filosofía de la ciencia. Eflin, Glennan y Reisch incluso llevan a cabo una descripción de algunos puntos que ellos consideran sería importante integrar en el debate de los principios sobre la NdC, a continuación se presentan:

*Unidad de la ciencia contra separación de la ciencia.* De acuerdo con los autores este tema se relaciona con los principios de la NdC, en el sentido de que algunos filósofos de la ciencia piensan que las diferentes ciencias tienen poco en común. Quienes están de acuerdo en la separación de la ciencia, piensan que no es posible una “naturaleza” de la ciencia, sin embargo otros opinan que sí existen características en común (Eflin, Glennan y Reisch, 1999, p.112).

*Demarcación.* La tarea de demarcar la ciencia, de otras formas de investigación, fue un tema recurrente con los positivistas lógicos, sin embargo esta labor no fue fácil y tampoco arrojó resultados favorables. Este tema también está relacionado con el de la unidad y la separación de la ciencia, ya que algunos consideran que las teorías y las prácticas se pueden identificar como más o menos científicas, mientras que otros sostienen que no es posible hacer una distinción (Eflin, Glennan y Reisch, 1999, p.113).

*Realismo contra instrumentalismo.* El realismo conlleva la pregunta de si las entidades teóricas, planteadas por los científicos (como los “quarks” en física, las “economías” en ciencias sociales, o las “especies” en biología), realmente existen y se comportan de acuerdo con las teorías o las leyes que las describen. Un realista pensaría que tales entidades sí existen, y lo justificaría con el argumento de que es así porque, de lo contrario, las teorías sobre tales entidades no serían exitosas. Pero, por otro lado, los antirrealistas o instrumentalistas pensarían que tales entidades no existen, o que el éxito de las teorías no prueba de manera confiable su existencia, ya que consideran que las teorías son meras herramientas, o instrumentos, que ayudan a comprender y a manipular el mundo. Algunos filósofos son realistas en ciertas áreas científicas, pero antirrealistas en otras. Además, algunos filósofos no se consideran ni realistas ni antirrealistas, porque consideran que este debate es inútil (Eflin, Glennan y Reisch, 1999, p.113).

*Racionalismo contra historicismo.* Uno de los varios temas que causó revuelo sobre el trabajo de Thomas Kuhn, fue el referente a la “elección de teoría”. Es decir, si los científicos eligen, deliberada y racionalmente, las teorías que consideran la mejor opción (racionalismo), o si tal elección está determinada por la influencia histórica y social de su trayectoria académica, o de la corriente intelectual del momento (historicismo) (Eflin, Glenn y Reisch, 1999, p.113).

*La práctica y la experimentación contra la teoría.* Este tema se relaciona con la pregunta de si la ciencia es un cuerpo de conocimiento, o si se trata de algo más abstracto e incluyente, como una forma de vida o un conjunto de técnicas. Varios filósofos e historiadores en los años ochenta, argumentaron que para comprender la NdC era preciso tomar en cuenta la forma en que los científicos desempeñaban su trabajo, así como la forma en que organizaban y estructuraban sus laboratorios, y la manera en que se agrupaban en redes políticas, económicas y culturales. El disenso está presente en el tema de si el conocimiento científico se encuentra contenido en la práctica científica de la cultura científica, o si por el contrario, está intrínsecamente conformado y sostenido por esta (Eflin, Glenn y Reisch, 1999, p.114).

*La filosofía de la ciencia feminista.* En tanto que las mujeres fueron excluidas de la ciencia durante muchos años, algunos filósofos feministas se preguntan si esto ha modificado de alguna manera la teoría o la práctica científica. Y es que, como el conocimiento resulta de las interacciones sociales entre los miembros de una comunidad, los feministas argumentan que la ciencia concentrada en el hombre podría ser parcial (Eflin, Glenn y Reisch, 1999, p.114). Sin embargo, también queda la pregunta en el aire respecto a las características o diferencias que haría una ciencia feminista.

Aunado a los cinco tópicos que se acaban de describir, Eflin, Glennan y Reisch, hacen algunas recomendaciones relacionadas con temas de filosofía de la ciencia, que podrían incorporarse a los planes de la enseñanza en ciencia. Entre ellas se encuentran: evitar los debates sobre el realismo-antirrealismo, y adoptar mejor la postura de un realista ingenuo, lo cual sería más sencillo para el nivel K-12, porque acepta la existencia de las entidades que los científicos estudian.

Otra recomendación es enseñar a los estudiantes algunas ideas de Kuhn, para comprender la forma en que los compromisos teóricos, y las características sociales, influyen en el desarrollo de la ciencia. Finalmente, los autores aseguran que ellos no están de acuerdo con el carácter plural de NdC que Alters propone, en su lugar piensan que la complejidad de la ciencia se podría enriquecer con su práctica y su historia, para así ofrecer a los estudiantes un panorama más amplio de las características que tienen en común las diversas actividades que se denominan ciencia (Eflin, Glenn y Reisch, 1999, p.115).

A partir de esta crítica a los principios de la NdC, desde la filosofía de la ciencia, es posible llevar a cabo una reflexión sobre el término mismo. Desde el inicio de este trabajo se ha mencionado que quienes construyeron el término NdC, intentaban abarcar varias características de la ciencia, pero al mismo tiempo pretendían acotar algo tan cambiante, diverso y contextual como la labor científica y todas sus implicaciones. Por lo tanto, no es de extrañar que sus principios también tengan esta característica abarcadora, a la vez que restrictiva. En la siguiente sección se presenta una propuesta para reestructuración de los principios inicialmente establecidos por Lederman y Bell, que acaban de criticarse.

### *Propuesta de reestructuración de los principios de la NdC*

Sobre los nueve puntos que Lederman y Bell consideran principios básicos de la NdC, es posible hacer varias críticas, que se suman a las presentadas en la sección anterior.

Sobre el primer punto, se puede criticar que la provisionalidad del conocimiento científico no se debe, únicamente, al hecho de que los cambios ocurran como resultado de “nuevas observaciones y reinterpretaciones de las observaciones existentes” como afirma Lederman. Los cambios ocurren por diversas razones, generalmente suceden en grandes grupos y no son radicales, pues hay elementos que se ganan y otros que se pierden, el cambio nunca es radical.

Por ejemplo, en los años setenta Imre Lakatos (1983) propuso la idea de que una teoría nunca era refutada ni verificada por la observación, o por un experimento crucial, sino por otra teoría rival, y que los científicos preferían una teoría sobre otra principalmente porque contenía hechos nuevos diferentes, y por su potencial para ser interpretados. Además de esto, Lakatos consideraba que las teorías se encontraban insertas en lo que él denominó “programas de investigación” (que podrían encontrar correspondencia en los “paradigmas” de Kuhn y en la “tradición de investigación” de Laudan), de manera que no era posible contrastarlas con la experiencia de manera aislada, haciendo a un lado su contexto de surgimiento. Por otro lado, ya desde finales de los años setenta, Larry Laudan (1986) propuso un criterio para distinguir el progreso de una teoría, bajo el cual la racionalidad y la progresividad se relacionaban más con su efectividad para resolver problemas, que con su confirmación o falsación. De manera que para Laudan, las buenas teorías son las que mejor y más problemas resuelven (Echeverría, 1997, pp.16, 17 19 y 20).

En el segundo punto, Lederman menciona que el conocimiento científico descansa en evidencia empírica debido a que es producto de las observaciones del mundo natural. En su descripción sobre este mismo punto, Bell aclara que lo empírico se refiere tanto a datos cuantitativos como a datos cualitativos, y aunque esto implica la aceptación de que algunos

conceptos científicos son teóricos, aún así se enfatiza la base empírica. Este hincapié que se hace en lo empírico es producto de la gran influencia que tuvo el positivismo lógico entre los años veinte y los años sesenta. Carnap, Reichenbach, Hempel y Nagel fueron de los empiristas lógicos más influyentes. Su finalidad era llevar a cabo un análisis lógico-analítico de la ciencia, sin considerar el contexto histórico o social de tal empresa.

Además de la filosofía empirista, también destacó la filosofía racionalista con la concepción heredada (*received view*), dentro de la cual sobresalieron Quine, Hanson, Putnam, Toulmin y Popper (aunque después criticara duramente al positivismo y al inductivismo). Estos filósofos racionalistas consideraban que la finalidad principal de la filosofía de la ciencia era el análisis y la reconstrucción lógica del conocimiento científico y de las teorías científicas; sin embargo, tampoco prestaban atención a los aspectos históricos, sociales, políticos, culturales o institucionales alrededor de la labor científica (Echeverría, 1997, pp.6 y 7).

La gran influencia de la filosofía empirista y analítica del positivismo lógico, y de la concepción heredada, perdió fuerza, aunque no desapareció del todo, hacia los años sesenta con el llamado giro historicista. A finales de los sesenta, Thomas Kuhn hizo evidente la importancia del contexto social, político y económico que existía alrededor de la labor científica.

En su libro "*La estructura de las revoluciones científicas*", Kuhn concibe la historia de la ciencia como una constante sustitución de tradiciones científicas que poseen una dinámica, una lógica y unos paradigmas propios. Para él estos paradigmas son conjuntos de creencias, valores, prácticas y teorías que el científico adquiere dentro de su particular comunidad científica. Kuhn distingue en la historia de la ciencia momentos de ciencia normal (en los que el científico se apega al paradigma de la tradición que se sigue, para la resolución de problemas) y momentos de ciencia revolucionaria (en los cuales los paradigmas empleados no permiten la solución de problemas surgidos, y por tanto se hace necesaria la generación de nuevas teorías que atraviesan por un proceso de aceptación por parte de la comunidad) (Kuhn, 2011).

Relacionado con lo anterior, Ludwik Fleck en "*La génesis y el desarrollo de un hecho científico*" plantea que no existe como tal una objetividad del científico ante su objeto de investigación, pues lleva a cuestas una carga teórica con las creencias inherentes a la sociedad en la que se desarrolla, esto incluye por supuesto su formación intelectual. De manera que la ciencia es una empresa social que se construye dentro de un entorno, enmarcado en comunidades científicas (a su vez pertenecientes a otras comunidades más amplias, que responden a ciertas prácticas sociales) y no desde la individualidad (Fleck, 1986)

Otro autor que destaca, dentro de este giro historicista, es Bruno Latour quien, en “Give me a laboratory and I will raise the world”, plantea a la sociedad como una extensión del laboratorio, pues considera que deben incluirse aspectos sociales a la práctica del científico. Al mismo tiempo, Latour reflexiona sobre la importancia de establecer nuevos parámetros para el análisis de la ciencia. También apela al vínculo entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (Latour, 1983).

Además de Kuhn, Fleck y Latour, otros autores, que llevaron a cabo estudios resaltando la importancia del elemento histórico y social de la empresa científica, fueron Lakatos, Laudan y Feyerabend. Para Feyerabend, aunque la ciencia de los siglos XVII y XVIII fungió como ideología contra un sistema de pensamiento, para el siglo XX ya había dejado de ser transgresora, y se había convertido en una doctrina que se enseñaba de manera acrítica. Feyerabend critica que la ciencia moderna inhiba precisamente la libertad de pensamiento. Para él la ciencia no es la única empresa que ha producido resultados, ni lo ha hecho de manera exclusiva, sin ninguna ayuda exterior. De acuerdo con este autor, la ciencia es sólo una de las varias ideologías que impulsan a la sociedad. Por lo tanto, esta no se debe presentarse como algo especial, sino sólo como una opción más. Para él el progreso de la ciencia depende de ideas nuevas y de libertad intelectual, mas no de miedos. Esto conlleva una intención libertaria y no una nueva esclavitud tiránica (Feyerabend, 1975)

Entre las críticas que comenzaron a cimbrar la filosofía positivista destacaron las de Popper. Una de estas fue el criterio de demarcación entre la ciencia y la no ciencia, que se basaba en la verificación de las teorías con los hechos. Una crítica más al positivismo se centró en la distinción entre lo teórico y lo observacional. Toulmin, Kuhn y Hanson fueron los que principalmente cuestionaron el concepto de observación, pues los filósofos analíticos lo consideraban neutral, pero sus críticos establecieron que no era así porque la observación estaba cargada de teoría (Echeverría, 1997, p.12).

En el positivismo lógico también se puede observar una visión acumulativa del conocimiento científico, entendida en el sentido de que la ciencia progresa en la medida en que las teorías nuevas son capaces de predecir y explicar más que sus predecesoras. Para los positivistas el progreso científico implica que una nueva teoría contenga a la vieja, conservando sus éxitos y corrigiendo sus errores. Sin embargo, con la inconmensurabilidad, propuesta por Kuhn, queda claro que el cambio científico es mucho más complejo que una mera acumulación que conduzca al progreso científico. En la inconmensurabilidad se contempla que una teoría nueva puede reemplazar por completo lo contenido en las teorías anteriores, de manera que no hay linealidad ni punto de comparación, ya que existen rupturas y pérdidas en las revoluciones científicas entre dos paradigmas rivales (Echeverría,

1999, p.43; Vázquez et al., 2001, pp.139, 140 y 147). Así, la inconmensurabilidad deja de lado la idea de que el desarrollo científico es acumulativo en el sentido antes descrito.

Sin embargo, la visión acumulativa del conocimiento científico puede tener otra acepción, y ser interpretada de manera diferente, cuando se habla de esta en el ámbito de la educación científica, como es el caso de la NdC. En este sentido, la enseñanza de la ciencia sí es acumulativa, en tanto que no es posible generar y aprender conocimiento científico, sin antes haber adquirido otros conocimientos y habilidades. Si esto no fuera así, los contenidos escolares no estarían estandarizados ni serían efectivos, serían muy diferentes en todos los países; sin embargo, aunque con algunas variaciones, los contenidos son los mismos y se encaminan de manera similar. Así, la educación es un proceso, y como tal es estrictamente acumulativo, porque sus contenidos están planificados y siguen un orden preestablecido, de manera que el conocimiento científico es accesible sólo cuando se han cubierto las competencias de los niveles educativos previos. (Echeverría, 1999, p.48 y 125).

Regresando a la crítica del listado, en el tercer punto, Lederman y Bell de nuevo hacen referencia a las observaciones del mundo natural. Sin embargo, como ya se comentó, las afirmaciones de la ciencia no provienen exclusivamente de los datos observacionales. Además, al mencionar que “la ciencia se basa en la observación y la deducción” se está implicando un mecanismo único para justificar y validar el conocimiento, es decir un único método científico basado en datos observacionales y con una lógica inductiva, deductiva o ambas. Todo esto refleja una idea muy estrecha sobre la metodología de la ciencia, que parte de la concepción de un único método para justificar y validar el conocimiento. Lederman y Bell dejan de lado el hecho de que el conocimiento no es sólo empirista, ya que las afirmaciones sobre el mundo no provienen exclusivamente de los datos observacionales, pero también ignoran el hecho de que aceptar como verídico un registro de observación implica una convención, y que las observaciones tienen una carga teórica.

El cuarto punto, que habla sobre las leyes y las teorías científicas, reduce los elementos de la ciencia a únicamente teorías, leyes, observaciones, hipótesis, etc. En la descripción contenida en este punto, se dejan de lado otros elementos que también son importantes y determinantes en la labor, y en el proceso, de generación del conocimiento científico como los mismos científicos, las instituciones, el financiamiento, la creatividad (aunque el quinto punto sí menciona este elemento, sería importante que se incorporara en este apartado, y que no se considerara aisladamente), los intereses (personales, grupales, institucionales, nacionales, etc.), las controversias, entre otros. Es decir, en este punto en específico no se está considerando, o resaltando lo suficiente, que la ciencia es una actividad humana y social que forma parte de una tradición intelectual, social, histórica,

cultural, y que su único objetivo no es normar, también entender, explicar, describir, entre otras.

Respecto al sexto punto, a pesar de que Lederman (1992) acepta que el conocimiento científico es afectado por su medio social e histórico (cuando menciona que “la ciencia es producto de la labor de personas enmarcadas en un contexto cultural”) y que, por tanto, “la ciencia también está influida por aspectos de la sociedad y la cultura donde se lleva a cabo”, deja de lado que, por ejemplo, los cambios en el conocimiento científico y en las teorías se producen, en parte, como resultado de intereses, motivaciones y preocupaciones producto de cualquier actividad humana y social. De la forma en que lo menciona Lederman, parecería que el conocimiento científico es acumulativo; sin embargo, como ya se mencionó antes, su desarrollo no es lineal.

Con base en las críticas anteriores, se propone una reestructuración de los principios propuestos. Es necesario mencionar que más que principios, son consideraciones importantes sobre la labor científica. La intención de la crítica a los principios, y la reestructuración de los mismos, es que esta lista sea considerada y empleada por quienes hacen divulgación de la ciencia y, específicamente, por los encargados de diseñar y realizar productos audiovisuales.

1. *Provisionalidad.* La labor científica es un proceso, por lo tanto el conocimiento resultante nunca está terminado, así que no es absoluto, tiene un carácter provisional debido a que siempre está sujeto a revisión, pues en cualquier momento se puede presentar nueva información. La evidencia acumulada sobre una determinada información apoya, fortalece y justifica una ley o una teoría, pero no las puede probar, ya que no hay forma de demostrar que son verdaderas (Hempel, Duhem). Además, la aceptación del conocimiento científico nuevo nunca es inmediata, particularmente cuando es muy diferente a lo planteado tradicionalmente.
2. *Diversidad de métodos.* No hay un método único o universal en la labor científica, la forma en que los científicos desarrollan su trabajo, para generar conocimiento, no puede resumirse en una serie de pasos porque es muy diferente para cada área, e incluso en una misma área existe una diversidad de procedimientos que dependen de la forma particular de trabajo en cada grupo de investigadores. Es importante también desechar la idea de que la ciencia, por medio de su “método”, es capaz de resolver cualquier problema o pregunta, porque existen muchos temas que quedan fuera de su ámbito, como las cuestiones morales, éticas o estéticas, que no pueden abordarse por completo desde la ciencia. También sería recomendable dejar de pensar en los

experimentos como herramienta principal que los investigadores emplean para generar conocimiento.

3. *Observación, deducción, inducción y creatividad.* La labor científica implica más que sólo acumulación de observaciones, e interpretación de esas observaciones por medio de deducciones. En efecto los científicos interpretan la evidencia empírica con ayuda de la inducción. Pero, una gran cantidad de evidencia y las inferencias lógicas (deducción, inducción y abducción), no son suficientes para llegar a conclusiones y generar conocimiento. Si la inducción fuera lo único necesario para generar conocimiento, se tendrían que observar todos los casos a lo largo del tiempo para poder alcanzar conclusiones válidas. La creatividad es necesaria para dar el salto entre la inducción y el arribo a conclusiones. Los científicos emplean la creatividad y la imaginación a lo largo de sus investigaciones, se aventuran a hacer propuestas sobre los patrones que observan, y con base en esto proponen leyes e inventan teorías. Por supuesto no se debe dejar de lado la subjetividad y la influencia de las tradiciones y grupos de investigación a los cuales pertenecen los científicos ya que, por supuesto, ello va a influir y determinar su manera de observar.
4. *Hipótesis, leyes y teorías.* Las hipótesis más que conjeturas son predicciones, y estas pueden derivar en teorías o leyes mediante la acumulación de pruebas y su eventual aceptación por la comunidad científica. Pero las teorías y las leyes no guardan una relación jerárquica porque son dos tipos de conocimiento diferente. Las leyes son generalizaciones de las relaciones en fenómenos de la naturaleza. Las teorías son explicaciones inferidas a partir de las generalizaciones en los fenómenos de la naturaleza. No hay forma de que una teoría se convierta en una ley, o viceversa. Las leyes y las teorías, al igual que cualquier conocimiento científico, son susceptibles a cambios, por lo tanto son provisionales.
5. *Modelos científicos.* Los modelos no son copias exactas de la realidad, pero ayudan a entenderla y describirla. La consideración de si los modelos son, o no, una representación genuina de la realidad, implica la toma de postura entre el realismo y el instrumentalismo. El realismo considera que las representaciones describen realmente algún fenómeno en la naturaleza. Por otro lado, el instrumentalismo considera que los modelos son sólo herramientas que sirven para tener en mente una idea que ayude a representar la realidad, y así poder trabajar con ella. Una de las limitantes de la ciencia, tiene que ver con el hecho de que no es posible saber la verdad o tener certeza absoluta.



6. *Contexto social y subjetividad.* En tanto que es realizado por personas insertas en un determinado contexto social, la labor científica y el conocimiento que resulta de esta, son influidos por aspectos sociales y culturales de ese mismo contexto, aunque al mismo tiempo también influyen en él. En este sentido los científicos no tendrían por qué ser más objetivos que el resto de las personas que integran la sociedad. Igual que cualquier individuo, los científicos tienen numerosas preconcepciones, ideas, valores, creencias personales y bagaje cultural, que influye en las interpretaciones de las observaciones que realizan, así como en el desempeño de su trabajo. Y debido a que el conocimiento científico es un producto realizado por personas, no puede ser completamente objetivo, porque no es posible eliminar radicalmente la subjetividad inherente a las personas que lo desarrollan. La labor científica es una actividad humana, y por lo tanto es parte de una tradición intelectual, social y cultural; así que no sólo está conformada por hipótesis, leyes y teorías, también hay otros elementos en juego como los mismos científicos, las instituciones, el financiamiento, la creatividad (que ya también se mencionó), los diversos intereses y las controversias.
7. *Labor científica en equipo.* Gran parte del trabajo científico es realizado por equipos de investigadores, la idea de que los científicos trabajan en solitario es errada, no sólo por la gran cantidad de trabajo que implica para una sola persona, sino también porque no es cierta la idea de la epifanía. Generalmente, para conectar los puntos y observar patrones, se requiere trabajo en equipo como en casi cualquier otra labor humana. En tanto que es producto un trabajo en equipo, la labor científica implica un largo proceso de negociación, más que la epifanía de una sola persona.
8. *Ciencia y tecnología.* No todo el conocimiento científico deviene en tecnología, también se lleva a cabo investigación, cuyo objetivo no es construir o inventar tecnología que “beneficie” a la sociedad. Mucho trabajo de investigación se realiza para seguir conociendo fenómenos naturales y otros aspectos del entorno. La distinción entre la ciencia y la tecnología, ayuda a entender que la ciencia no sirve sólo para solucionar problemas, o para mejorar el modo de vida de las personas. Resulta necesario cambiar la perspectiva de la forma en que se relacionan la ciencia, la tecnología y la sociedad. Los estudios CTS o STS (*Science, Technology and Society*), cuya fuerza ha sido principalmente en Estados Unidos y en Europa, han logrado que sus ideas incidan en comisiones de evaluación de proyectos científicos y tecnológicos, resaltando la importancia de la toma de decisiones en política científica. Estos estudios también destacan la trascendencia de intervenir en temas relacionados con cuestiones éticas, ecológicas, culturales y de género.

De manera intencional se dejó de lado el punto que hablaba sobre la “evidencia empírica”, debido a que se considera un elemento que ha quedado superado (por lo menos el sostenido por los positivistas lógicos), y que por lo tanto no vale la pena rescatar. Sin embargo, a pesar de que muchos postulados del positivismo lógico quedaron superados después de los diversos cuestionamientos en el giro historicista, varios investigadores continuaron trabajando sobre algunas ideas empiristas. Uno de ellos es Bas C. Van Fraassen quien ha retomado y adecuado el empirismo de una manera más sofisticada, logrando que este sea más flexible comparado con el abordado en el positivismo lógico.

Los positivistas lógicos pretendían conformar un lenguaje puramente observacional y sin términos teóricos. Sin embargo, Van Fraassen considera que las reconstrucciones puras del lenguaje no son posibles, debido a que todo nuestro lenguaje está infestado de teoría. Uno de los debates entre el realismo y el antirrealismo se centra en la distinción observable/inobservable. Grover Maxwell propone que hay entidades que no son observables pero sí son detectables, por lo cual concluye que “observable” resulta un concepto vago.

Sin embargo, Van Fraassen considera que el hecho de que “observable” sea un concepto vago no implica que sea irreal, ya que los conceptos vagos sí se pueden utilizar para establecer distinciones en el mundo. Van Fraassen dice que hay casos claros de observables e inobservables, y que Maxwell solo demuestra que hay casos límite, y que si se quiere trazar una línea divisoria esta sería arbitraria. Van Fraassen considera que no es irracional buscar teorías empíricamente adecuadas, cuyos modelos encajen con los fenómenos observables (estos fenómenos observable consistirán en lo que la comunidad epistemológica consense, es decir, lo observable será lo que la comunidad diga que es observable para ellos (Echeverría, 1997, p.21; Van Fraassen, 1980).

El término NdC y sus principios, han sido incorporados en la educación K-12, con la intención de que la enseñanza de la ciencia no se limite a una mera recolección de datos y resultados, sino que explique otros aspectos importantes de la labor científica, y de su relación con la sociedad. En la primera parte de este capítulo, se mencionaron algunas razones por las cuales es importante la enseñanza de NdC (Driver, Leach, Millar y Scott, 1996), entre ellas se encuentran fines utilitarios, democráticos, culturales, morales y didácticos. Es importante subrayar que algunas de estas razones coinciden con algunos de los objetivos de la divulgación de la ciencia. Por ejemplo, la intención de que haya una comprensión de la labor científica para la toma de decisiones informada en cuestiones sociocientíficas, o bien, la noción de que la empresa científica es parte de la cultura, y finalmente la intención de lograr un acercamiento a esta labor por parte de la sociedad.

Debido a estas coincidencias, pero sobre todo, debido al logro de sintetizar características importantes sobre la ciencia, es que se intenta insertar este término, surgido en la didáctica de la ciencia, en un labor como la divulgación de la ciencia. El objetivo principal de este trabajo intenta rescatar la concreción del término NdC, y sus principios, para insertarlo en un producto de divulgación específico: el audiovisual. Y es que se considera que en este medio es apremiante la incorporación de las características principales de la ciencia, para que la divulgación no sea una mera recolección de datos o resultados de la labor científica, sino que efectivamente logre transmitir al público los aspectos circundantes a la empresa científica.

La intención de criticar y reestructurar los principios de la NdC, es generar una lista de características principales de la ciencia que sea considerada, y empleada, por los encargados de diseñar y realizar productos audiovisuales de divulgación de la ciencia. En el capítulo tercero, la lista propuesta en esta sección será retomada para proponer la forma en que cada uno de los puntos puede aprovecharse y destacarse en los audiovisuales de divulgación. Sin embargo, para poder llevar a cabo esta propuesta, primero es necesario hablar sobre la divulgación científica y sus características, así como de los audiovisuales de divulgación para, en efecto, poder observar los puntos de coincidencia. A ello se avoca el siguiente capítulo.

## **Capítulo 2**

### **Las producciones audiovisuales de divulgación científica**

Para incorporar los ocho puntos descritos en la sección anterior (que resaltan las consideraciones importantes sobre la labor científica) en las producciones audiovisuales de divulgación, primero es necesario realizar un breve recuento del concepto de divulgación de la ciencia, así como del audiovisual de divulgación científica, ya que de esta manera se podrán resaltar los puntos de coincidencia que ayudarán a encauzar, con mayor eficacia, lo propuesto en el listado presentado en la última parte del capítulo anterior.

#### *Divulgación de la ciencia: características y objetivos*

En México se denomina divulgación a la labor de comunicar el conocimiento científico de manera accesible a diversos públicos. La divulgación es parte de la comunicación de la ciencia, a su vez subconjunto de la comunicación. El término divulgación se refiere al acto de transmisión de información entre una persona con mayor conocimiento sobre un tema, hacia otro individuo que desconoce tal tema. La divulgación se diferencia de la difusión, porque esta última implica la transmisión de conocimiento entre especialistas del mismo tema (Sánchez, 2010, p.17).

Es decir, que cuando se transmite información a un público no experto en temas de ciencia, se habla de divulgación. También se denomina divulgación a la transmisión de saberes entre investigadores, siempre y cuando estos pertenezcan a un área del conocimiento diferente a la que se divulga. Por ejemplo un biólogo escuchando una plática sobre nanomateriales sería un acto de divulgación. Pero cuando ocurre un intercambio de conocimiento científico entre expertos del mismo campo o de campos cercanos, se trata de un acto de difusión. Tanto la difusión como la divulgación constituyen actos de comunicación, debido a que en ellos se implica un diálogo o intercambio de saberes (Estrada, 2002, p.139).

En el primer párrafo de esta sección se enfatiza que el término “divulgación” es el que se emplea en México, porque no en todos los países se le llama de la misma forma. Los diferentes términos que se emplean dependen del idioma o de los objetivos, como se pudo notar al diferenciar comunicación, difusión y divulgación. Los términos más comunes son: comunicación de la ciencia, difusión de la ciencia, divulgación de la ciencia, popularización de la ciencia, alfabetización científica, periodismo científico, comunicación pública de la ciencia, comunicación social de la ciencia, vulgarización de la ciencia y entendimiento público de la ciencia.

Una de las definiciones más completas de divulgación de la ciencia, la aporta Ana María Sánchez Mora, una de las primeras investigadoras sobre este tema en México, y formadora de numerosos divulgadores:

*La divulgación de la ciencia es una labor multidisciplinaria, cuyo objeto es comunicar, utilizando una diversidad de medios, el conocimiento científico a diversos públicos voluntarios, recreando ese conocimiento con fidelidad y contextualizándolo para hacerlo accesible.*

(Sánchez, 2010, p.24)

Vale la pena desarrollar las ideas implicadas en esta definición para comprenderla mejor. En la primera parte se hace referencia al hecho de que, en la actualidad, en la práctica de la divulgación de la ciencia están involucrados periodistas, comunicólogos, publicistas, diseñadores, literatos, dramaturgos, museógrafos, etc., es decir una gran variedad de profesionales y ya no sólo los científicos. Es gracias a esta diversidad de profesionistas que la divulgación ha ampliado sus objetivos, alcances y medios para comunicarse con la gente.

En la segunda parte de la definición, se menciona que el objetivo de la divulgación es comunicar el conocimiento científico. Aunado a este objetivo, existen otros como el empoderamiento de la ciudadanía, la democratización del conocimiento, el entretenimiento, el gozo por el conocimiento, el acercamiento a una parte de la cultura, la extensión de la educación formal o también el exhorto a estudiar carreras científicas.

Para continuar con la descripción de los elementos incluidos en la definición de divulgación, proporcionada por Ana María Sánchez (2010), cabe mencionar al público voluntario. Con ello se pretende distinguir la labor divulgativa de la enseñanza formal escolar, esta última caracterizada por obligar a memorizar fechas, personajes, fenómenos o procesos, y por llevar a cabo evaluaciones constantes, cuya finalidad es reafirmar lo aprendido. A diferencia de la educación formal, en la divulgación el público tal vez aprenda, sin embargo esa no es la finalidad principal. Porque la divulgación no pretende que la gente domine un tema, sino que tenga una idea general bien estructurada, y que también comprenda aspectos alrededor de la construcción, y el desarrollo, de la labor de los científicos. La divulgación pretende brindar herramientas para comparar y confrontar el conocimiento, para reconstruir información y para evaluar conclusiones (Estrada, 2002, p.140). A partir de lo anterior surge otro de los objetivos de la divulgación, que es fomentar una actitud crítica en el público, para que desarrolle una forma particular de apropiarse del conocimiento.

Finalmente, la última parte de la definición de Sánchez (2010) aborda un tema crucial: la recreación del conocimiento científico. A este respecto hay diversas discusiones sobre lo que implica la recreación, pues el cuestionamiento de si es una simple traducción del complejo lenguaje científico al lenguaje cotidiano, sigue siendo tema de debate. Para los científicos esta recreación podría significar una simplificación de la ciencia. El reto sería en términos de la claridad contra la veracidad. Aquí surge la interrogante sobre los problemas que se presentan en el proceso de simplificación, que va más allá del hecho de retirar la terminología, o los tecnicismos, del lenguaje científico. Por supuesto también depende de otros elementos, como el público al que se dirige la información, el medio, los objetivos, el mensaje, las intenciones, y por supuesto el contexto.

La divulgación no es una traducción literal, aunque sí contiene la riqueza y complejidad que implica la traducción de una obra literaria, en donde no basta conocer ambos idiomas sino también los contextos de las dos culturas. La divulgación precisa una recreación del conocimiento científico, por medio de la utilización de un lenguaje comprensible y la ayuda de diversos recursos comunicativos, para hacer las ideas accesibles al público. Aunque no es recomendable que contenga lenguaje muy especializado, pensando que el público conoce teorías o conceptos que el investigador podría considerar básicos, tampoco es recomendable caer en el extremo de asumir que el público es completamente ignorante.

Presentar al público una situación que le haga relacionar determinado tema con algún elemento de su vida cotidiana suele ser un recurso muy empleado. Otro elemento frecuente es el uso de metáforas y analogías. La divulgación de la ciencia implica un reto intelectual y creativo, ya que pretende transmitir no sólo conocimiento, sino también placer y gusto por la ciencia. Y como en todo proceso creativo, no existe una receta única para llevarla a cabo, ya que su elaboración dependerá de diversos factores como el divulgador, el tema, el público, el medio (con todo y su características que se abordarán más adelante en este capítulo) y el objetivo, entre otros. La divulgación de la ciencia no siempre se ha realizado de la misma manera, desde su surgimiento hasta el día de hoy se ha ido modificando.

Una vez aclarado el concepto de divulgación de la ciencia, a continuación se desarrolla un breve recuento de su transformación a lo largo del tiempo. Aunque la comunicación y la divulgación de la ciencia han existido desde por lo menos el siglo XIX, es hasta mediados del siglo XX que, poco a poco, se fue convirtiendo en una labor que comenzó a analizarse para profesionalizarla, en parte por su amplia presencia en los medios, pero también debido al gran despliegue de desarrollo científico que tuvo lugar a lo largo de todo el siglo XX (Valek, 2002, pp.339).

A principios del siglo XX, la divulgación era hecha por los propios científicos, y algunos profesores que la utilizaban como herramienta didáctica. A mediados del siglo XX, después de la explosión de la bomba atómica, de la Segunda Guerra Mundial y del lanzamiento del Sputnik, los gobiernos de varios países comenzaron a invertir en educación en ciencia y en divulgación. Fue entonces que los periodistas empezaron a interesarse en tratar de explicar la ciencia en términos sencillos, y así la divulgación de la ciencia dejó de ser una labor exclusiva de los científicos.

En tanto que la divulgación implica la transmisión de información (entre una persona con mayor conocimiento a otra con menor, o con falta de) se habla de que la persona receptora tiene una carencia de tal información. Relacionado con esto, hacia los años sesenta surgió la idea de déficit, en referencia a la falta de conocimiento. Entre 1960 y 1980, la divulgación de la ciencia se realizó asumiendo la existencia de este déficit, por lo cual se llevaron a cabo diversas mediciones de la cultura científica, para fomentar la educación en ciencia (Chávez, *et.al.*, 2015, p.3).

Precisamente, y como pudo observarse en la segunda sección del primer capítulo de este trabajo, esa necesidad generalizada de fomentar y robustecer la educación en ciencia, para tratar de que hubiera una comprensión pública, fue la que permeó los esfuerzos llevados a cabo desde la didáctica de la ciencia. Por esto, en esa época también se realizaron varios estudios que intentaban ahondar en las características de la ciencia que los estudiantes aprendían en la escuela.

A mediados de los años ochenta, en la Royal Society se presentó el informe Bodmer, un documento que diagnosticó un déficit en el conocimiento y la actitud del público hacia la ciencia. En esa misma década, las instituciones científicas sufrieron recortes presupuestales por parte del gobierno, pues se registró una pérdida de autoridad y legitimidad de la ciencia. Ante esto, la solución se concentró en la educación, bajo el supuesto de que mejorar el conocimiento llevaría a mejorar también la actitud del público hacia la ciencia (Chávez, *et.al.*, 2015, p.4). En esta época surgió la Comprensión Pública de la Ciencia (Public Understanding of Science).

La Comprensión Pública de la Ciencia “se basa en la suposición de que con una mejor comprensión de la ciencia por parte del público, habrá un mayor respeto por la ciencia y los científicos” (Sánchez, 2010, p.13). Para lograr que la gente tuviera un nivel básico de comprensión de la ciencia y la tecnología, se propuso que la ciencia ocupara mayor espacio en los medios, y que los científicos se comunicaran más con el público. En la Comprensión Pública de la Ciencia se habla de *scientific literacy*, y si bien “alfabetización científica” es lo primero que viene a la mente, al traducir este término en español, resulta que también podría interpretarse como “aculturación científica”, en el cual

se encuentra implícita una intención de integrar a la cultura lo relacionado con la ciencia. Sin embargo, el término “alfabetización” apela a contar con las bases y habilidades mínimas para comprender y expresar ideas relacionadas con la ciencia y sus procesos, lo cual servirá para tomar decisiones y participar en asuntos sociopolíticos (Normas Nacionales de Educación Científica, 1996, p. 22).

*La alfabetización científica implica que una persona pueda pedir, buscar o dar respuestas a las preguntas resultado de la curiosidad cotidiana. Esto significa que una persona tiene la capacidad de describir, explicar y predecir fenómenos naturales. La alfabetización científica implica ser capaz de leer y comprender artículos sobre ciencia en la prensa y poder conversar sobre la validez de las conclusiones. La alfabetización científica implica que una persona puede identificar cuestiones científicas que subyacen en las decisiones nacionales y locales, y además adoptar una postura argumentada científica y tecnológicamente informada. Un ciudadano alfabetizado debe ser capaz de evaluar la calidad de la información científica desde su origen, así como los métodos utilizados para generarla. La alfabetización científica, implica también la capacidad de plantear y evaluar argumentos basados en la evidencia, así como establecer las conclusiones de tales argumentos de forma adecuada.*

(Normas Nacionales de Educación Científica, 1996, p. 22)

Poco tiempo después de la aparición de la Comprensión Pública de la Ciencia, en Francia surgió la Comunicación Científica Pública (Communication Scientifique Publique), que pugnaba por la democratización del conocimiento científico, para empoderar a los ciudadanos y que estos pudieran participar en la toma de decisiones de la política nacional. De manera que en este movimiento existía un mayor nivel de compromiso por parte del público, y se pretendía que la transmisión de información dejara de ser unidireccional, intentaba ser un “diálogo de saberes” (Sánchez, 2010, p.13). Cabe destacar el cambio del término “comprensión” por el de “comunicación”, ya que en efecto se intentaba que tuviera ese carácter de intercambio o retroalimentación.

La Comunicación Científica Pública se centraba más en el discurso científico y su transformación. En 1987 Pierre Fayard, quien fue el principal portavoz de esta tendencia, llevó a cabo un análisis del público comprometido con los debates de la comunidad científica, y lo relacionó con una preocupación política que provenía de los movimientos políticos de 1968. A partir de la Comunicación Científica Pública, emergió una nueva forma de comunicación pública de la ciencia, que implicaba más que solo simplificar la información para el público general; se comprometía también a entablar una comunicación donde pudiera haber retroalimentación (Hornig, 2010, p.602).



En mayo de 1989 esta corriente devino, en Europa, en una organización denominada Red Internacional en Comunicación Pública de la Ciencia y la Tecnología (International Network on Public Communication of Science and Technology, PCST). Entre los miembros de esta organización (europeos, australianos, pero también ciudadanos de América Latina e India) había una gran diversidad de profesionistas como periodistas de ciencia, especialistas en museos de ciencia, expertos en información de instituciones públicas y de gobierno, científicos divulgadores y otros estudiosos de la comunicación de la ciencia (Hornig, 2010, p.602).

Hacia los años noventa, la idea del diálogo entre la ciencia y la sociedad se intensificó, y algunos investigadores, y estudiosos en comunicación de la ciencia, consideran que en esa época ocurrió un cambio en el que se transitó del déficit hacia el diálogo. A inicios del siglo XXI, Bruce Lewenstein (2003) propuso cuatro modelos de comunicación de la ciencia: el modelo de déficit, el modelo de contexto, el de pericia o competencia de los legos y el de participación pública. A continuación se hace una breve descripción de cada uno, con la intención de observar el cambio que ocurrió en este ámbito.

El *modelo de déficit* se basa en la necesidad de los expertos por llenar la falta de conocimiento del público. Lewenstein menciona que, adherido a este modelo, surgieron proyectos y entidades dedicadas a promover la alfabetización científica. Sin embargo, identifica que uno de los principales problemas de este esquema, es que la información se ofrece al público sin ningún contexto, de manera que no alcanza a lograr algún significado. Este modelo presta poca atención a formas de conocimiento diferente al científico, que pueden ser igualmente importantes para las personas, y que también influyen en su comprensión de la ciencia, como los juicios que emiten familiares, o el conocimiento que algunos individuos han adquirido con base en la experiencia propia (Lewenstein, 2003, pp.2 y 3).

Por otro lado, el *modelo de contexto* consiste en un conjunto de modelos, que reconocen que los individuos no son un mero receptáculo de información que necesita llenarse, sino que más bien las personas procesan la información de acuerdo a esquemas sociales, y psicológicos, que han sido conformados por sus experiencias previas, por su contexto cultural y por otras circunstancias personales. De acuerdo con Lewenstein, los modelos contextuales reconocen que los individuos reciben información en contextos particulares. A pesar de que este modelo toma en consideración otros factores, que el modelo de déficit deja fuera, fue criticado debido a que seguía concentrándose en la respuesta de los individuos (Lewenstein, 2003, pp.3 y 4).

Aunado a los dos anteriores, está el *modelo de pericia o competencia de los legos*, en el cual se asume que el conocimiento local podría ser relevante a la hora de resolver

problemas prácticos. Sin embargo, la principal crítica a este modelo es que, debido a su compromiso político para empoderar a las comunidades, en ocasiones privilegia el conocimiento local por encima del conocimiento científico (Lewenstein, 2003, p.5).

Finalmente, el *modelo de participación pública* surge a partir de la importancia que adquiere la confianza de la sociedad en disputas políticas, sobre asuntos de ciencia y tecnología. Este modelo se enfoca en las actividades que intentan mejorar la participación pública, para así lograr una confianza en la política científica. En este modelo está implícito un compromiso por tomar el control de la ciencia, mediante un empoderamiento y un compromiso político, para lograr la democratización de la ciencia. Al igual que el modelo de pericia o competencia de los legos, este modelo apela más a un compromiso político que a una comprensión pública como tal (Lewenstein, 2003, pp. 5 y 6).

Después de esta breve descripción sobre los modelos propuestos por Lewenstein, se podría pensar que la idea del déficit en la comunicación de la ciencia ya está superada. Sin embargo, Nemesio Chávez, Ana María Sánchez, Sergio de Régules y Martha Tappan (2015) consideran que el déficit sigue presente ya que, argumentan, el comunicador tiene conocimientos que el público no posee. Pero al mismo tiempo, los autores piensan que es necesario reconocer que el acto de comunicar la ciencia implica una asimetría de conocimiento entre el comunicador y el público (Chávez, *et.al.*, 2015, pp.7 y 8).

De manera que quizá no sea del todo malo pensar en términos de un déficit, finalmente todos carecemos de información sobre diversos tópicos, es prácticamente imposible que un individuo pueda saber sobre todos los temas. En cierto sentido, el déficit es inevitable, y por lo tanto pretender erradicarlo podría ser infructuoso. Más bien debe tenerse en cuenta la forma en que se aborda y se enfrenta, para que no sea desde la prepotencia o la superioridad, sino desde la intención de estar abierto al diálogo y al intercambio de ideas, desde la disposición a una comunicación.

Una vez aclarada la definición de divulgación de la ciencia, y considerando su devenir histórico, es posible señalar las coincidencias entre esta labor y los puntos propuestos en la última sección del capítulo anterior. Y es que, además de comunicar el conocimiento científico, la divulgación también pretende transmitir las características principales de la empresa científica, así como la forma en que se realiza y su contexto, dentro del cual se encuentran las personas que se dedican a ella.

La variedad de profesionistas que actualmente divulgan la ciencia garantiza una riqueza de medios y recursos para comunicar, no solo el conocimiento que esta produce, sino también otros aspectos importantes de la ciencia, como su carácter provisional, la diversidad de métodos que emplean los científicos, la creatividad implicada en ella, entre

otros. De esta manera, también se estaría cumpliendo con otro de los objetivos de la divulgación, el que se refiere al acercamiento a la ciencia como parte de la cultura. Gracias a la divulgación, es posible conocer el modo de trabajo, las costumbres, la forma de interactuar y desarrollarse que tiene un grupo social determinado como la comunidad científica; es decir, la divulgación acerca al público a conocer la cultura científica. Este objetivo se puede empatar con el punto dos, de la lista propuesta en la última sección del capítulo anterior, que habla sobre la diversidad de métodos que emplean los científicos en su labor, es decir aborda su modo de trabajo.

Otro de los objetivos de la divulgación es que el público piense en la ciencia como una de las varias formas que existen de conocer, o de aproximarse, al entorno que lo rodea. En este punto se debe ser cuidadoso, para no caer en el extremo de hacerle pensar al público que la ciencia es capaz de resolver cualquier problema o pregunta. Se debe tratar de establecer los límites de la labor científica, para hacer conciencia sobre los asuntos que le conciernen, y los que quedan fuera de su alcance. Este aspecto también encuentra eco en el segundo punto de la propuesta ya que, además de abordar la diversidad de métodos, también resalta la importancia de saber que la ciencia es sólo una forma de conocer determinados problemas, y que es muy difícil que esta pueda resolver o abarcar absolutamente todos los temas.

Otro de los puntos de encuentro es la creatividad. Como ya se mencionó, la divulgación de la ciencia implica un reto intelectual, y creativo, para llevar a cabo la recreación del conocimiento. El tercer punto de la lista resalta, precisamente, la importancia de explicar el proceso creativo y el uso de la imaginación en labor científica, y no sólo la capacidad de observación, deducción e inducción de los científicos. De manera que la creatividad, empleada en la labor divulgativa, debería aprovecharse para hablar de la creatividad misma que existe en el proceso de elaboración de la ciencia. De hecho, uno de los elementos creativos insertos en la labor científica es el uso de los modelos, en tanto herramienta que ayuda a representar la realidad para poder trabajar con ella, esto se describe en el punto quinto de la lista.

Otro de los objetivos de la divulgación de la ciencia se encuentra en conducir al público hacia una reflexión sobre la labor científica, así como las implicaciones de esta en el contexto social donde se encuentra inserto. De manera que viene a la mente el sexto punto de la propuesta, en el cual se abunda sobre la importancia de remarcar que la labor científica se realiza dentro de un contexto social, cultura, político y económico. Así que el conocimiento resultante será producto de tal contexto, pero al mismo tiempo también influirá en él.

Además de esto, está la intención de que a través de la divulgación se logre generar un interés del público en la política científica, así como hacerlo participar en cuestiones de ciencia que incidan en su contexto social, e incluso alcanzar un diálogo participativo. En este sentido, el punto octavo de la lista, que aborda la importancia de diferenciar entre la ciencia y la tecnología, se relaciona directamente. Es decir, para lograr que las personas se interesen y participen en la política científica, sería importante que primero diferenciaran la ciencia de la tecnología, que conocieran sus alcances y límites, para entonces comprender la relación entre ambas con la sociedad.

A manera de conclusión de este apartado, se puede afirmar que la incorporación de los ocho puntos a la divulgación, constituiría una extensión, y complemento, de la educación formal, ya que se estarían abordando los temas principales sobre la ciencia, incluidos en los más recientes planes de estudio de la educación K-12 en Estados Unidos. Asimismo, se estaría cumpliendo con el objetivo de exhortar a los individuos a cursar carreras científicas, ya que la divulgación de estos ocho puntos modificaría y ampliaría la visión de ciencia rígida, que muchas veces la escuela perpetúa.

Una vez que se han resaltado las coincidencias entre algunas de las características de la divulgación de la ciencia y los puntos de la NdC propuestos en la última sección del segundo capítulo, en la siguiente sección se lleva a cabo una descripción de las características de los audiovisuales de divulgación de la ciencia y, tal como se hizo en esta sección, se resaltarán los puntos de encuentro que tiene con la NdC.

#### *Audiovisuales de divulgación científica: origen y características*

- Origen y desarrollo de los audiovisuales de divulgación científica

Los audiovisuales de divulgación científica tienen origen en los documentales de divulgación científica. Los primeros registros cinematográficos con fines científicos, surgieron a finales del siglo XIX, incluso antes de la presentación pública del cinematógrafo de los hermanos Lumière el 28 de diciembre de 1895. En 1874 el astrónomo francés Jules Janssen, llevó a cabo un registro del tránsito de Venus por el Sol con la ayuda del “revólver fotográfico”, un artefacto que él mismo construyó. En 1882 el fisiólogo Étienne Jules Marey, también francés, inventó el “fusil fotográfico” para estudiar el vuelo de las aves, y posteriormente diseñó el “cronofotógrafo”, para analizar la fisiología del movimiento animal y humano (Tosi, 1987, pp. 17 y 20).

A finales del siglo XIX y principios del XX, diversos científicos llevaron a cabo registros cinematográficos de bacterias, insectos, enfermedades o procesos quirúrgicos,

todo ello implicó un gran avance en la didáctica de diversas áreas científicas; entre las más beneficiadas estaba la medicina. Y es que las técnicas cinematográficas facilitaban la obtención de datos, pues permitían manipular el tiempo y el espacio.

Las posibilidades que se abrían, con el empleo del cine, para la empresa científica parecían infinitas. En el caso de los sucesos que ocurrían demasiado rápido para la capacidad de observación humana, el registro cinematográfico permitía acortar el rango de tiempo por medio de un registro lento (por ejemplo, se puede pensar en el aleteo de un colibrí). O bien, por el contrario, podía acelerarse el registro, y así observar en poco tiempo algo que tardaba días o meses en acontecer (como el crecimiento de una flor o el deshielo de glaciares). Asimismo, el registro cinematográfico podía ayudar a estudiar fenómenos que ocurrían en lugares de difícil acceso (como el fondo del mar, el espacio, los nidos, las madrigueras o incluso el interior del cuerpo humano). Por otro lado, también era posible aumentar el tamaño de lo muy pequeño para poder registrar microbios, bacterias, células, etc; y hasta contemplar algo que estaba a gran distancia, o en longitudes de onda que el ojo humano no percibe (como el ultravioleta, el infrarrojo o los rayos x). Con el registro cinematográfico, otra gran ventaja era que un fenómeno quedaba guardado, y podía proyectarse cuantas veces fuera suficiente para ser analizado.

En las primeras décadas del siglo XX, varios cineastas se dedicaron a realizar filmes que ahora se pueden considerar de divulgación científica. Algunos de los realizadores de aquella época son el italiano Roberto Omegna, el estadounidense Robert Flaherty, el francés Jean Painlavé, los soviéticos Boris Dolin y Aleksandr Zguridi y el escocés John Grierson, quien incluso fundó y dirigió la escuela británica de documentales. Entre los documentales de estos cineastas destaca “Nanook el esquimal” (*Nanook of the North*) realizado por Flaherty en 1922, que se considera interesante no sólo por su análisis antropológico de un grupo de esquimales, sino también por su narrativa que incluye el elemento dramático (Tosi, 1987, p.95).

Después de la Segunda Guerra Mundial, la producción de filmes documentales de divulgación científica aumentó, principalmente en los países europeos. Ello ayudó a que los científicos pudieran hacer más investigaciones, y al mismo tiempo también hicieron llegar información a la población, que en aquellos momentos era vital para la prevención de enfermedades y padecimientos diversos. Aunado a los temas de salud, que desde siempre han interesado a la población, la otra temática muy explorada en el documental de divulgación científica fue la antropológica: la descripción de los modos de vida, tradiciones, rituales, y otros aspectos en la vida cotidiana de diversas poblaciones. En los años treinta del siglo XX, otro tema que comenzó a explorarse fue el de la zoología, con la descripción del comportamiento animal (León, 1999, pp. 70 y 88).

En la actualidad, existen diversas productoras destinadas en mayor medida a realizar documentales de divulgación científica, principalmente para la televisión. Algunas de las grandes cadenas televisivas de varios países destinan un área importante de su producción a la divulgación de la ciencia, entre ellas se encuentra PBS (Public Broadcasting Service, cadena de televisión pública en Estados Unidos), NHK (Nippon Hoso Kyokai, emisora pública de radio y televisión japonesa), la Deutsche Welle (servicio de televisión y radiodifusión pública alemana), y la BBC (British Broadcasting Corporation, la industria de medios de comunicación británica) principalmente.

En México, aunque escasamente, algunos canales se han preocupado, y ocupado, por producir documentales de divulgación científica. Entre ellos se encuentra Canal Once TV, Canal 22, TeVeUNAM y recientemente el Canal 30.1 OPMA (Organismo Promotor de Medios Audiovisuales), que principalmente compra y transmite materiales extranjeros, aunque también ha llegado a coproducir algunos materiales de divulgación de la ciencia.

Aunque sí existe la producción de documentales de divulgación científica en México, esta se ha hecho de manera casi independiente, por pequeñas casas productoras o por instancias dedicadas a la divulgación, como TeVeUnam o la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y las áreas de comunicación de otras universidades principalmente públicas, como la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) o el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Además de estas instancias, no ha habido una preocupación, por parte de las grandes televisoras mexicanas, para destinar un área a la producción de documentales u otros materiales de divulgación con temáticas nacionales, situación que no ocurre en otros países.

- Características audiovisuales de las producciones de divulgación científica

Como ya se mencionó, la difusión y la divulgación de la ciencia constituyen actividades de la comunicación de la ciencia, cada una con diferentes características y objetivos (Estrada, 2002). Es preciso recordar también que la divulgación de la ciencia posee características específicas para lograr una reconstrucción de la información. Para llevar a cabo esta labor resulta importante considerar los elementos implicados en la comunicación, para así determinar el lenguaje y los medios más eficaces.

Uno de los elementos que aprovecha la divulgación de la ciencia es la narrativa. Aquiles Negrete (2008) argumenta que la comunicación de la ciencia a través de formas narrativas, refuerza la transmisión y la recreación de la información, haciéndola comprensible, placentera y memorable. Basado en estudios psicológicos, Negrete argumenta que la atención y la asociación, son los elementos indispensables para que un conocimiento se integre a la memoria a largo plazo. Asimismo, la emoción provocada por

la experiencia vivida, y la atención al contexto externo e interno (emociones y sensaciones percibidas por medio de los sentidos) también parecen determinantes para que la información perdure en la memoria (Negrete, 2008, pp.93-94).

Una de las formas narrativas más eficaces es la que se apoya en la imagen y el sonido, es decir, el audiovisual. Un producto audiovisual reúne lo atractivo de las imágenes, la capacidad de síntesis en las ideas, la creatividad para describir un fenómeno, la concisión del lenguaje, y la identificación que logra enganchar al público. Todos estos son elementos ideales para llevar a cabo la divulgación científica a través de un discurso particular. Las imágenes, la palabra y el sonido, aprovechadas al máximo pueden resultar en una transmisión de información muy eficaz.

La narrativa audiovisual provee numerosas herramientas, como el manejo del espacio, con todo y sus funciones dramáticas. Por ejemplo, Roland Barthes (1980) refiere por lo menos tres tipos de contenidos en las imágenes: el informativo o *studium* (que hace referencia principalmente a la ambientación), el simbólico (que se refiere al objetivo del relato) y el innombrable o *punctum* (que enfatiza lo indescriptible que proviene de la naturaleza misma de las imágenes). De manera que a través del discurso audiovisual es posible describir ideas complejas, debido a que el empleo de las imágenes, y la manera en que se acomodan (montaje) y presentan, transmiten información específica.

Ahora bien, el audiovisual de divulgación científica incluye técnicas narrativas, dramáticas y argumentativas. Las técnicas narrativas se relacionan con el discurso contenido en un producto audiovisual; este discurso puede estar presente en las imágenes, en la locución o en ambas. Por otro lado, las técnicas dramáticas se refieren a las acciones que se observan sin que alguien las relate. Finalmente, las técnicas argumentativas consisten en la explicaciones, y justificaciones, que se exponen al espectador para tratar de convencerlo para que adopte una postura determinada sobre el tema abordado.

Estas tres técnicas se emplean para atraer la atención del espectador (es decir, tratar de que se sienta involucrado en el tema que se cuenta), y para presentar la información de manera verosímil. Hacer de un tema algo interesante o atractivo para el público es complicado; en general requiere de alguno de los siguientes ocho elementos: “actualidad, proximidad, prominencia, rareza, conflicto, suspense, emociones y consecuencias” (León, 1999, p.95). A continuación se describe en qué consiste cada una de las técnicas arriba mencionadas.

#### Técnicas narrativas

Existen diversas técnicas narrativas, entre las que destacan la simplificación del contenido, los planteamientos antropomórficos y la introducción de elementos de entretenimiento. La

simplificación del contenido se refiere, principalmente, a la síntesis de los términos científicos, para ello es necesario escoger los puntos más importantes, interesantes y novedosos de un tema. Una vez hecho esto, se delimita el orden en que las ideas serán presentadas, que generalmente va de la más sencilla a la más compleja, o bien se plantea la solución a un problema. Otra forma de simplificación de contenido es la reducción de dimensiones espacio-temporales, los fundidos (*fades*), las transiciones o el corte directo, los cuales se utilizan principalmente para sugerir el paso del tiempo (Rodríguez de Fonseca, 2012, p.215).

Otro de los elementos de las técnicas narrativas es el antropomorfismo. Disney fue uno de los iniciadores de este tipo de técnica narrativa, el cual empleó en sus primeros documentales de animales. Y aunque atribuir características humanas a animales, plantas y otros seres vivos, no siempre es científicamente acertado, es una de las técnicas más empleadas por la grandes productoras, por la sencilla razón de que permite la fácil identificación del espectador (hay que recordar, por ejemplo, el gran impacto de series televisivas como “El reino del suricato” transmitida por Animal Planet entre 2005 y 2009, o “Los monos ladrones” producida por NatGeo entre 2008 y 2011).

De manera que el entretenimiento es otro de los elementos que se emplea como técnica narrativa; sin embargo, es recomendable tener cuidado pues de lo contrario se puede banalizar la información. Algunos productos de divulgación transmiten datos considerados curiosos o amenos; sin embargo, cabe recordar que la información aislada, que no se contextualiza, difícilmente encuentra un sentido en la comprensión del público.

### Técnicas dramáticas

La narración detallada de un acontecimiento en forma secuencial, es una de las técnicas dramáticas que pueden enriquecer el discurso audiovisual. El relato no es un simple recuento cronológico de hechos, debe tener un punto de partida o principio, una trama que se desarrolle y un final; es decir, se debe abrir, desarrollar y cerrar un conflicto (Field, 1996, p.23).

La narración de una historia sirve como hilo conductor, pues funciona como una guía que ayuda al público a comprender, y a asimilar mejor la información que se le presenta. Como ya se comentó, Aquiles Negrete (2008) coincide en que la narración de una historia, o de una representación dramática, cuya estructura abre, se desarrolla y cierra con un conflicto, es una de las mejores vías para divulgar la ciencia.

La importancia del conflicto se remarca en diversos libros sobre guionismo, ya que este constituye el elemento principal que mantendrá al espectador interesado en el relato.



Otro elemento importante, dentro de las técnicas dramáticas, es el *suspense*, que se refiere a la espera impaciente de algo que sucederá dentro del relato, la duda que se genera en el público por saber si el personaje cumplirá, o no, su objetivo (Field, 1996, p.67).

Finalmente, las formas que existen de representar un tema también se integran a las técnicas dramáticas. Bienvenido León (1999) identifica cuatro modos de representación:

- a) El modo expositivo: implica la intervención de un narrador, que relata de manera complementaria la información visual. Un ejemplo de este tipo de representación es la serie de televisión inglesa *África*, producida en 2013 por la BBC, Discovery Channel, CCTV9 y France Television, presentado y narrado por David Attenborough. A lo largo de los seis episodios que conforman la serie, Attenborough suele hacer una presentación frente a la cámara al inicio de cada capítulo, continúa narrando aspectos diversos sobre los animales, las plantas, insectos, y otros seres vivos, que aparecen a cuadro; hacia el final de cada capítulo reaparece para hacer un resumen de lo presentado.
- b) El modo de observación: consiste en la presentación de una situación, intentando velar la presencia de la cámara. Por ejemplo, el documental francés de 2005 *La marcha de los pingüinos (La marche de l'empereur)*, dirigido por Luc Jacquet, y producido por Warner Independent Pictures, National Geographic Films, Canal + y Wild Bunch. A lo largo de este material, el narrador explica al público lo que sucede a cuadro con los pingüinos, sin embargo la presencia de la cámara parece imperceptible para los personajes.
- c) El modo interactivo: en contraposición al modo anterior, consiste en hacer notoria la presencia de la cámara. Un ejemplo se puede apreciar en el documental estadounidense de 2013 *Particle Fever*, dirigido por Mark Levinson. A lo largo de esta producción se puede observar a diversos investigadores, principalmente físicos teóricos y experimentales, que trabajan en la Organización Europea para la Investigación Nuclear (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, CERN). La presencia de la cámara se hace expresa, ya que los investigadores se dirigen a esta para comentar aspectos sobre su trabajo, su convivencia y otras anécdotas relacionadas con su vida y la labor que realizan en el CERN.
- d) El modo reflexivo: en esta modalidad se intenta resaltar la presencia del realizador, quien participa de manera activa como si fuera un personaje más dentro del relato. Un ejemplo de lo anterior es la serie estadounidense *El Universo Elegante (The elegant universe)*, basada en el libro de divulgación con el mismo título, escrito por Brian Greene, quien en la serie televisiva también es

el presentador. Otro ejemplo es la versión reciente de *Cosmos* (*Cosmos: a spacetime odyssey*), producida en 2014 por National Geographic Channel, y donde el presentador Neil deGrasse Tyson guía, relata y explica procesos y etapas de la labor científica y sus implicaciones.

### Técnicas argumentativas

Dentro de estas técnicas se incluye la retórica, como herramienta para explotar la capacidad persuasiva. Uno de los discursos más empleados en los documentales de divulgación es el demostrativo o epidíctico, en este el narrador trata de convencer a los espectadores apelando a las virtudes de un tema particular, o haciendo alusión de los valores aceptados universalmente, o presentado argumentos para demostrar una proposición. Otra forma de argumentar, también consiste en apelar a las emociones del espectador, relacionando sus experiencias con el tema por medio de mitos e historias universales. La persuasión es otro de los argumentos de la retórica que se emplea en los documentales de divulgación científica, esta consiste en inducir a que el público adopte una postura específica sobre el tema presentado (León, 1999, p.136 y 139).

Otro de los elementos importantes en la argumentación, es la reputación y la competencia, encarnados en la figura del presentador (en caso de que lo haya). Es decir, si en el documental hay un narrador o presentador que guíe a la audiencia, debe tener cierto grado de credibilidad para poder ser considerado una figura de autoridad. Tanto lo que diga, como su forma de decirlo (si emplea un lenguaje coloquial y un tipo de voz determinado), como lo que expresa por medio de su imagen y toda su presencia (vestimenta, posturas, lenguaje corporal) son fundamentales, y determinantes, para que el público desarrolle confianza y tenga credibilidad hacia él y sus aseveraciones.

Es importante destacar que también existen formas de argumentación no verbales, que descansan principalmente en el manejo de los planos, la selección del encuadre, el ángulo, el emplazamiento y los movimientos de la cámara, así como la selección del sonido, los colores, e incluso el armado de todo lo anterior por medio del montaje.

Elaborar un producto de divulgación científica, por medio de un audiovisual, es un reto doble. Por un lado es muy importante cuidar el proceso de resignificación de la información, para hacer de un tema científico abstracto algo comprensible para el promedio de las personas. Asimismo, debe ser visualmente atractivo y con una narrativa adaptada para la televisión, con las implicaciones que ello tiene, como el tiempo breve y la necesidad de hacer que el público se sienta identificado para que se mantenga enganchado.

En los audiovisuales de divulgación científica, se mezclan dos discursos: el de la divulgación de la ciencia y el audiovisual. Por un lado, el discurso de la divulgación de la ciencia posee ciertas características, entre las que destacan la explicación por medio de la argumentación, la contextualización, la utilización de recursos narrativos, literarios y figuras retóricas, que conforman estrategias para atraer al público, y lograr la integración del conocimiento en el discurso (Berruecos, 2009, p.36). Por otro lado está el discurso audiovisual, compuesto por imagen y sonido que conforman la narración (el discurso de un relato), el drama (la forma en que se relata) y el argumento (la justificación del relato).

Se puede pensar en una trenza para tratar de visualizar la forma en que estos dos lenguajes se entrelazan. La primera porción de esta trenza está conformada por el discurso de la divulgación, asentado en el guion, el cual también incluye sugerencias sobre la imagen. Posteriormente, en la realización, se agrega la segunda porción de la trenza, que es el discurso audiovisual. Finalmente, es en el proceso de montaje y edición que la trenza queda integrada por completo, porque tanto el discurso de la divulgación, como el lenguaje audiovisual se integran y acomodan en el orden necesario para construir un material, cuya finalidad divulgativa se expresa por medio de la palabra y la imagen.

El medio audiovisual consiste en una representación, en un instrumento comunicativo que reproduce información. Algunas de las ventajas de su uso son la fidelidad y definición de la imagen, la inmediatez, y sobre todo la capacidad de registrar, y preservar, acontecimientos que no se pueden apreciar a simple vista, ya sea porque son muy pequeños, o muy grandes, o porque se encuentran muy lejos, o suceden a una velocidad muy alta o muy baja, o acontecen en diversos registros que el ojo humano no es capaz de observar (infrarrojo, rayos x, etc.). El audiovisual permite ver lo que parece imperceptible, lo que a veces resulta incomprendible o lo que parece difícil de asimilar.

Cuando se planea y produce un audiovisual de divulgación científica, se pone atención para emplear, lo mejor posible, todos los elementos que se acaban de describir en el párrafo anterior. Es decir, se procura aprovechar cada una de las ventajas que ofrece el audiovisual, para realizar un material de divulgación que efectivamente recree el conocimiento científico con fidelidad, y lo haga accesible por medio de su contextualización. Sin embargo, como ya se mencionó en la introducción de este trabajo, a lo largo del proceso de planeación y producción de un audiovisual de divulgación, resulta necesaria una reflexión sobre el carácter de la ciencia que se va a divulgar.

El medio audiovisual brinda una variedad de elementos que ayudan a resaltar los objetivos de la divulgación y los principios de la NdC. Por ejemplo, entre los objetivos de la divulgación se encuentra comunicar el conocimiento que resulta de la labor científica, así como otros aspectos importantes de la ciencia (como su provisionalidad, la diversidad de

métodos que emplean los científicos, la creatividad implicada, entre otros). Sin duda, por medio del audiovisual es posible hacer patente la forma en que interactúan y se organizan los científicos, su manera de relacionarse y colaborar para generar conocimiento, el modo en que logran consensos, o los desencuentros que llegan a tener. Es decir, se estaría llevando a cabo un acercamiento a la cultura científica actual, y este es otro de los objetivos de la divulgación.

Por otro lado, aspectos como la provisionalidad, la diversidad de métodos, el uso de los modelos científicos, el contexto social y la subjetividad, el trabajo en equipo y la diferenciación entre ciencia y tecnología, son puntos que resultan de fácil abordaje desde el medio audiovisual. Respecto a la provisionalidad, por ejemplo, se podría hacer una retrospectiva del proceso de un determinado conocimiento, para poder enfatizar su transformación a lo largo del tiempo, los diferentes enfoques que lo abordaron, así como los consensos o disensos, que a su alrededor tuvieron los científicos de las diferentes épocas y contextos.

Un ejemplo de lo anterior se puede encontrar en varios capítulos de la serie *Cosmos: a spacetime odyssey*. Particularmente, en el capítulo 4 se aborda la historia del largo proceso del “descubrimiento” del electromagnetismo, alrededor del cual ocurrieron numerosos acontecimientos que van desde Newton hasta Einstein, pasando por Faraday y Davy. Este capítulo, en específico, se enfoca en la vida de Faraday, su incursión y aportaciones a la ciencia (incluyendo el motor eléctrico, el transformador y la labor divulgativa, con las charlas para jóvenes que implementó desde 1825 en la Royal Academy, y continúan hasta la actualidad). También se mencionan sus constantes fracasos, su insistencia por encontrar respuestas a su curiosidad, los años, y numerosos intentos, que le tomó responder sus preguntas para describir el electromagnetismo. A lo largo del relato se puede contemplar también el contexto cultural donde vivió Faraday, y la forma en que este influyó en su trabajo.

La diversidad de métodos forma parte de otro de los objetivos de la divulgación. Es decir, desmitificar el uso del “método científico”, pero también hacer que el público piense en la ciencia como una de las varias formas que existen de conocer, o de aproximarse, a su alrededor. Este aspecto también se encuentra en el segundo punto de la lista propuesta.

Desde el audiovisual, la diversidad de métodos se puede abordar haciendo acopio de las diferentes herramientas, y procesos, que lleva a cabo un científico en su labor, quizá se podría lograr indagando sobre el origen de la investigación en la cual trabaja, o sobre las diferentes formas en que se ha abordado en el pasado. También se puede detallar el proceso largo y discontinuo que atraviesa una investigación, por medio de lo cual se hará evidente

que dista mucho de una metodología estricta que, si se sigue al pie de la letra, conducirá a resultados favorables.

Un ejemplo de lo anterior se encuentra en el documental estadounidense de 2009, *Naturally Obsessed: the making of a scientist*, dirigido por Richard y Carole Rifkind. Este material aborda el trabajo de diversos investigadores y, principalmente, doctorantes y posdoctorantes, en un laboratorio de biología molecular de la Universidad de Columbia. A lo largo del relato se puede observar la ansiedad, el cansancio, la frustración y el constante estrés al cual están sometidos los estudiantes. Pero también muestra la constancia, las habilidades y, por supuesto, el proceso creativo y el trabajo en conjunto que realizan. Así como las diferentes etapas y herramientas que emplean en el proceso de la investigación.

Por otro lado, mediante el registro del proceso de la labor del investigador, también será posible dar cuenta de la influencia que el bagaje académico, y cultural, tienen en la forma en que el científico observa y se desempeña. O bien, también se hará patente la manera en que el contexto social y cultural inciden en la investigación. Asimismo, al registrar la forma de trabajo de una comunidad, será posible mostrar que se trata de una labor en equipo, en donde uno de los factores más importantes es la creatividad, es decir la capacidad de crear, inventar o hacer propuestas novedosas. Y al abordar la creatividad, también se podrían mencionar las herramientas creativas que los científicos construyen, como los modelos, que les ayudan a aprehender ciertos aspectos de su entorno para trabajar con ellos.

Un ejemplo del trabajo en equipo, de la influencia del bagaje académico y cultural, así como del uso de la creatividad, se puede apreciar en el documental estadounidense *Particle Fever*. A lo largo del documental, tres investigadores en diferentes etapas de su vida académica (Fabiola Gianotti, Martin Aleksa y Monica Dunford), provenientes de tres culturas diferentes, hablan sobre su formación, el trabajo que desempeñan y la importancia de la colaboración que existe entre los diferentes científicos involucrados en el proyecto del gran colisionador de hadrones.

Por otro lado, respecto a la manera en que el contexto social y cultural inciden en la investigación, en el documental se comenta que en Estados Unidos se intentó construir un colisionador de hadrones. Sin embargo, en 1992 el senador republicano Sherwood Boehlert echó atrás el proyecto, por considerar que había preocupaciones más importantes e inmediatas, que construir un experimento que ayudara a conocer las condiciones en que se originó el universo.

El documental también muestra como, una vez que el colisionador se ha puesto en marcha, ocurre un fallo inesperado resultante de un derrame de helio líquido que daña los

imanes. Este evento no solo retrasa los cuatro proyectos asociados (ATLAS, LHCb, CMS y ALICE), sino que también obliga a los investigadores a colaborar para generar soluciones creativas, y efectivas, para reiniciar el experimento. Este episodio muestra así que el proceso de investigación no es lineal, ni se apega a un método único; en efecto puede verse la característica discontinua de la labor científica y, una vez más, la importancia del trabajo en equipo.

Por otro lado, por medio del audiovisual también es posible abordar otro de los objetivos de la divulgación de la ciencia (y que también se menciona en el sexto punto de la propuesta), el que se refiere a generar en el público una reflexión sobre la labor científica, y sus implicaciones en el contexto social donde se encuentra inserto. Me parece que en esta parte el análisis implicaría no sólo quedarse en el ámbito de la ciencia, sino llevar a cabo una reflexión desde la sociología de la ciencia, para plantear la manera en que la ciencia y la tecnología modifican una sociedad específica.

La integración de una reflexión desde la sociología de la ciencia quizá también podría ayudar a generar un interés del público en la política científica, así como hacerlo participar en cuestiones de ciencia que incidan en su contexto social, e incluso alcanzar un diálogo participativo. Precisamente este es otro de los objetivos que integran la divulgación de la ciencia, y que también se hace presente en el último punto de la lista propuesta.

Una vez resaltados los puntos de encuentro (entre los principios de la NdC, la divulgación de la ciencia y las producciones audiovisuales de divulgación), en el siguiente capítulo se propone la forma en que el listado de características importantes de la ciencia (construido en la última parte del capítulo anterior) se puede integrar en los productos audiovisuales de divulgación científica.

### Capítulo 3

#### Los audiovisuales de divulgación científica y la NdC

##### *Incorporación de la NdC en los audiovisuales de divulgación científica*

Las preguntas que, en general, surgen durante la planeación de un audiovisual de divulgación de ciencia son acerca del tema a tratar, objetivo de divulgar ese tema, público al que se destinará, dónde se obtendrá la información, cómo se va a presentar la información, cuáles son los recursos que se tienen para llevar a cabo la producción y realización, o en dónde se va a exhibir el material, entre otros. Sin embargo, generalmente se deja de lado el tema de las características de la ciencia que se va a divulgar.

Mi propuesta es que desde la planeación de un producto audiovisual de divulgación, se realice un trazado cuidadoso de los objetivos de este, dentro de los cuales se contemple la incorporación, en la medida de lo posible, de las ocho características principales de la ciencia. Así como se piensa sobre la forma en que se utilizarán las diferentes ventajas del medio, también se debe reflexionar sobre la forma en que se insertarán las características principales de la ciencia. Si estas ocho características sobre la labor científica se incorporan a los materiales audiovisuales de divulgación, se ampliará la visión que el público tiene sobre la ciencia, se podrán derribar mitos que existen alrededor de ella y su labor y, en consecuencia, se reflejará una imagen de la ciencia más cercana a la realidad actual.

Además de tener la capacidad de registrar una gran diversidad de fenómenos (inobservables o imperceptibles para el ojo humano), las cualidades narrativas del medio audiovisual propician la síntesis de ideas, el uso de la creatividad para describir planteamientos complejos, y la concisión del lenguaje. Los audiovisuales entrañan características narrativas, dramáticas y argumentativas que resultan ideales para divulgar la ciencia y sus particularidades. Si al audiovisual de divulgación científica se integran los ocho puntos, se estaría enriqueciendo y potenciando la capacidad divulgativa por este medio. A continuación se sugiere la forma en que la integración de estos puntos a los audiovisuales podría enriquecer su calidad divulgativa. Cabe aclarar que la intención de esto no es llevar a cabo un análisis detallado, sino resaltar la necesidad de llevarlo a cabo en una investigación a futuro.

##### *1. Abordar la provisionalidad*

Algunos audiovisuales de divulgación presentan sólo los resultados de una investigación científica, sin mencionar el largo proceso que hay detrás. Sin embargo, sería importante que enfatizaran que la labor científica implica un

procedimiento extenso, y que por lo tanto el conocimiento resultante nunca está terminado. Además, también debería acentuarse el desarrollo de aceptación del conocimiento científico nuevo, el cual implica debates y consensos por medio de los cuales es posible observar la forma en que los científicos interactúan y negocian.

## 2. *Abordar la diversidad de métodos*

En algunos materiales audiovisuales se emplea la frase “la ciencia está en todos lados”. Esto contribuye a perpetuar la idea de que por medio de la ciencia, y “su método”, se puede conocer cualquier fenómeno, o resolver cualquier problemática. Sin embargo, los científicos no tienen un único método de trabajo, por lo tanto es un poco absurdo resumir su labor a una serie de pasos mecánicos, porque hay diferentes tipos de investigaciones y, por lo tanto, diversas formas de trabajo en cada comunidad científica. También sería importante dejar de lado la idea de que es necesario mostrar experimentos, ya que éstos no son la única herramienta con la que cuentan los investigadores para desempeñar su trabajo, habría que destacar otras dependiendo del tema a tratar.

## 3. *Abordar la creatividad*

Es necesario remarcar la importancia que tiene la creatividad en la labor científica. Sería indispensable que los audiovisuales de divulgación mostraran que los científicos emplean la creatividad y la imaginación a lo largo de sus investigaciones, ya que a partir de ella encuentran patrones, proponen leyes e inventan teorías, entre otras. Además, también valdría la pena resaltar que la experiencia vital, el contexto social, la cosmovisión y trayectoria académica, o la ideología de los grupos de investigación a los que pertenecen, son algunos de los elementos que influyen en el trabajo de los científicos.

## 4. *Abordar la diferencia entre hipótesis, leyes y teorías*

Conocer y abordar la diferencia entre estos conceptos, ayudará a erradicar varios mitos, por ejemplo que las teorías tienen menor jerarquía que las leyes, y que por lo tanto no son propuestas serias o verdaderas. Algo que, por ejemplo, frecuentemente utilizan los detractores de la teoría de la evolución para denostarla, pues argumentan que “sólo” se trata de una teoría, como si una teoría consistiera en una idea que no puede demostrarse.

## 5. *Abordar el tema de los modelos científicos*

Quizá el debate realismo versus instrumentalismo sería demasiado denso para un audiovisual de divulgación; sin embargo, sería importante aclarar que, en tanto que la realidad es mayormente inaprensible, los modelos que se emplean en la



investigación científica no son copias de la realidad, sino representaciones que ayudan a los científicos a trabajar con ella.

6. *Abordar el contexto social y la subjetividad*

Es muy importante que los audiovisuales de divulgación reflejen que el trabajo científico es construido por personas inmersas en un contexto social, cultural, y que sin duda ello influye en el desempeño de su labor. Por lo tanto, la labor científica es una actividad que forma parte de una tradición intelectual, social y cultural. Dentro de ella coexisten elementos que juegan un rol importante en el desarrollo del conocimiento científico, como el financiamiento, las controversias, e incluso los intereses personales, institucionales o nacionales.

Los científicos tienen un bagaje cultural, creencias y valores que inciden en las interpretaciones de sus observaciones. Si esto queda asentado se ayudaría a erradicar la idea de que el conocimiento científico debe ser objetivo, y que los científicos son individuos especiales particularmente objetivos. Asimismo se podría aclarar que la subjetividad no afecta a la labor científica.

7. *Abordar que la empresa científica implica trabajo en equipo*

Los audiovisuales de divulgación de la ciencia tendría que ayudar a reflejar que el trabajo científico es realizado por diversos investigadores, esto para ayudar a desechar la idea de que el conocimiento es producto del trabajo de un solo individuo. Esta contribución aportaría un carácter más terrenal a la labor científica, ya que se colocaría en oposición a la idea del genio aislado antisocial. Asimismo, se podría hacer hincapié en los procesos de consenso y negociación, por los que atraviesan los científicos dentro de su equipo de trabajo y con el resto de la comunidad científica.

8. *Abordar las diferencias entre la ciencia y la tecnología*

Los productos audiovisuales podrían modificar la manera en que, generalmente, abordan la relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Un nuevo enfoque, que establezca las diferencias y las limitantes entre ciencia y tecnología, ayudaría a dejar de lado la idea de la generación de tecnología, en beneficio de la sociedad, como único objetivo de la ciencia.

Aunque probablemente uno, o varios, de estos tópicos sí puedan encontrarse en algunas producciones audiovisuales de divulgación de la ciencia, la realidad es que no todas reflexionan sobre estos temas. La idea sería tratar de incluirlas para, poco a poco, enriquecer las características de la ciencia que se divulga en estas producciones audiovisuales.

En tanto que la propuesta contenida en este trabajo es resultado de la carencia observada en la experiencia laboral de un nicho particular, el Departamento de Televisión de la DGDC, no es posible hacer generalizaciones y aseverar que todos los audiovisuales de divulgación científica carecen de estas características. De hecho, como ya se ha apreciado en la sección anterior, existen diversos documentales, y series de televisión, que hacen acopio de las características destacables de la labor científica. Por lo tanto resultaría necesario llevar a cabo una evaluación de varios materiales audiovisuales de divulgación, para lo cual sería indispensable la construcción de una metodología de análisis. Esta propuesta se bosqueja en la siguiente sección.

### *Metodología de análisis, un proyecto de investigación a futuro*

El objetivo de los audiovisuales de divulgación de la ciencia debe ir más allá de sólo hacer que el público comprenda determinada información. El reto es que el equipo multi, trans e interdisciplinario, que desarrolla las producciones audiovisuales, genere métodos que logren que el público comprenda las características circundantes a la ciencia, que promuevan la capacidad crítica y reflexiva en el público, para que los materiales no sólo divulgen datos o información asilada y descontextualizada.

También cabe acotar que el público no es único, pensar en un “público promedio” es estéril porque este es diverso y por ello es importante realizar investigaciones que hagan notar al “otro”, que no asuman ni piensen en su lugar. Por eso sería apremiante llevar a cabo estudios sobre diversos aspectos de este fenómeno específico de la comunicación de la ciencia, sobre los audiovisuales de divulgación. Y es que existen algunos estudios que analizan diversos aspectos de la divulgación que se lleva a cabo por medio de equipamientos, cédulas, objetos, guías, o talleres en museos y centros de ciencia. Sin embargo, hasta el momento, no hay estudios específicos que lleven a cabo un análisis de las producciones audiovisuales de divulgación de la ciencia.

Gran parte de los estudios en audiovisuales de divulgación científica son aportaciones extranjeras; en México muy poco, o casi nada, se ha escrito al respecto. La mayoría de las investigaciones en audiovisuales de este tipo se avocan a la descripción de las características del documental de divulgación científica, o bien al análisis de su programación en la televisión, y estos estudios son principalmente extranjeros. También existen manuales para la elaboración de guiones, producción y realización de este tipo de audiovisuales.

Pero hasta el momento no hay ningún análisis de las características de la labor científica que se divulga en las producciones audiovisuales. Un estudio de este tipo podría

resultar interesante para identificar si esas características que se divulgan son contemporáneas, o hacen referencia a una visión idealizada de la ciencia que ya ha sido superada. La lista de características principales de la ciencia, propuesta en este trabajo, podría servir como herramienta para llevar a cabo este análisis en los productos audiovisuales de divulgación de la ciencia.

Como se pudo apreciar en la última sección del segundo capítulo, existen diversos materiales audiovisuales (documentales y series de televisión) que parecen reunir algunas de las características más destacables de la labor científica. De manera que se podría analizar si estos materiales contemplan, ignoran, o de qué manera abordan las características propuestas. Incluso se podría llevar a cabo una contrastación entre dos, o más producciones, para comparar la forma que cada una tiene de abordar y divulgar la labor científica, así como las herramientas que utiliza para hacerlo. Sin duda, un estudio que lleve a cabo esta comparación podría, resultar enriquecedor para encontrar elementos que ayuden a divulgar las características principales de la labor científica en el medio audiovisual, ya que las investigaciones en esta área de la divulgación son pocas.

## Conclusiones

La ciencia es una particular forma de aprehender, comprender y explicar, para así dar sentido a nuestro mundo. Es una vía a través de la cual aprehendemos la vida, la naturaleza, los seres, el mundo, el universo. Es una forma particular de problematizar, a partir de la cual obtenemos una explicación consecuente con la realidad que somos capaces de percibir, por medio de nuestros sentidos, extensiones de estos, o de nuestra capacidad de abstracción. La ciencia es una forma particular, de las varias que existen, para conocer.

La concepción de la ciencia no es única ni inamovible, es cambiante porque se atiene a los constructos sociales. En este sentido, la forma en que se lleva a cabo, así como las personas involucradas en su desarrollo, también dependerán del contexto histórico y social en el que se desarrolle. La ciencia no es una forma superior a otras maneras de aprehender, interpretar o validar la realidad. Todas estas son características de la labor científica que necesitan divulgarse.

Mi propuesta sobre la consideración del término NdC, y sus características, en la divulgación de la ciencia, concretamente en las producciones audiovisuales, tiene como principal objetivo brindar herramientas, a los diseñadores y realizadores de estos materiales de divulgación, para que logren hacer consciencia de algunas de las características más relevantes sobre la labor científica que sería importante divulgar al público. La NdC ayuda a mejorar la comprensión de la labor científica y a establecer mejor sus alcances y límites; al mismo tiempo, esto mejora la comprensión de la ciencia en tanto proceso inserto en un contexto social y cultural determinado, que influye en el conocimiento que produce.

La NdC fue un término propuesto desde la didáctica, que intentaba identificar los elementos característicos de la ciencia, con la intención de que estos fueran integrados a los planes de estudio de la enseñanza en ciencia. El propósito era que la enseñanza no se ciñera a una mera recolección de datos duros, sino que fuera una reflexión sobre la ciencia y lo que implica su quehacer en un contexto cultural determinado, considerando también a la gente que la realiza. De igual manera este es un elemento que se toma muy en cuenta en la divulgación de la ciencia, ya que consiste no solo en una recolección y presentación de datos al público, sino que también pretende transmitir aspectos circundantes a la labor científica, como los que ya se han mencionado.

Sin embargo, en la divulgación que se realiza por medio de producciones audiovisuales, suele dejarse de lado esta contextualización de la labor científica. En muchas ocasiones esto se debe a que se tiene poco tiempo para transmitir el mensaje, por lo cual se privilegian los datos concretos. Por ello es importante hacer hincapié en la importancia de reflexionar sobre las características que se propusieron en el segundo capítulo.

El término NdC resulta valioso porque logra que algo tan complejo y cambiante, como la ciencia, se puntualice y se vuelve aprehensible. Por otro lado, los principios o características propuestas a partir de la NdC, logra concretar ocho puntos importantes a considerar en la labor divulgativa. La incorporación de estos principios en los audiovisuales de divulgación de la ciencia es importante porque ayuda a esclarecer las características de la ciencia que tales producciones pretenden divulgar.

En los productos audiovisuales de divulgación de la ciencia aún queda mucho camino por recorrer, suelen seguirse fórmulas y clichés que ya han sido superados en otras áreas de la divulgación. Ejemplo de estas fórmulas son el amplio despliegue de datos duros, el uso de una figura de autoridad, la demostración de experimentos y la presentación de tecnología benéfica para la sociedad como resultado de la ciencia.

Quizá el uso de la figura de autoridad no se pueda descartar del todo, ya que constituye una de las técnicas argumentativas más empleadas por su efectividad, y porque ayuda a guiar al público. Pero también se podrían hacer modificaciones, para que esta figura no refleje la idea de una ciencia producto del trabajo individual, ya que se debe rescatar el hecho de que la labor científica se lleva a cabo en equipo. Por otro lado, los experimentos no son la única manera de obtener conocimiento científico, por lo tanto deben dejar de privilegiarse los temas científicos que incluyen experimentos, bajo la suposición de que estos validan la seriedad de la ciencia. La divulgación se tiene que abrir a los otros métodos que los científicos emplean para generar conocimiento y que no dependen necesariamente de la experimentación.

También es muy necesario hacer mayor hincapié en el contexto histórico y social implicados en la labor científica. Ciertamente en algunos productos de divulgación se hace mención de la historia, sin embargo generalmente esta se avoca a relatar el desarrollo de algún invento, y muy pocas veces se ahonda en el proceso y desarrollo histórico de algún concepto. Es necesario incluir esta parte para resaltar la gran influencia del contexto social, político, económico, cultural en los procesos de la ciencia y en el conocimiento resultante.

Para modificar la forma en que se llevan a cabo los productos audiovisuales de divulgación científica, sería importante que desde el momento mismo de la concepción de un proyecto, y a lo largo de todo su proceso de construcción (escritura del guion, realización, montaje y edición), se informe y coordine al equipo que participará, para que todos tengan conocimiento de las características importantes que se pretenden destacar sobre la ciencia, y que están resumidas en los ocho puntos propuestos en la última sección del segundo capítulo.

Con base en esta investigación, y sus conclusiones, estoy convencida de que la incorporación de estos ocho puntos en productos de divulgación, ayudará a que la ciencia que se divulgue deje de tener características poco apegadas a la realidad actual, y a que deje de concentrarse únicamente en el conocimiento producido; ayudará a explorar otras áreas de la labor científica que son igualmente importantes, y que ya han sido mencionadas en este trabajo. De manera que esta propuesta intenta mejorar significativamente la calidad de la divulgación.

## Bibliografía

Abd-El-Khalick F., Bell R.L. *et.al.* (1998) *The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural*, EN: Science Education, (Vol.82 No.4) julio, pp.417-436.

Abd-El-Khalick F. y Lederman, N.G. (2000) *Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature*, EN: International Journal of Science Education, (Vol.22 No.7) julio, pp.665-701.

Abd-El-Khalick, F. (2001) *Embedding nature of science instruction in preservice elementary science: abandoning scientism, but...* EN: Journal of Science Teacher Education, (Vol.12 No.4) pp.215-233.

Abd-El-Kahlick, F. y Akerson, V.L. (2004) *Learning as conceptual change: factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science*. EN: Science Education, (Vol. 27 No.1) pp.15-42.

Acevedo, J.A., Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2002) *El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias*. Recurso electrónico de la Organización de Estados Iberoamericanos. EN: <http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm>

Acevedo, J.A. (2008) *El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias*, EN: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, (Vol.5 No.2) febrero, pp.134-169.

Acevedo, J.A. et al., (2005) *Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica*. EN: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, (Vol.2 No.2) pp.121-140.

Acevedo, J.A. et al., (2007a) *Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica*. EN: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, (Vol.4 No.1) pp.42-66.

Acevedo, J.A. et al., (2007b) *Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos*. EN: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, (Vol.4 No.2) pp.202-225.

Aguirre, J.M. et. al (1990). *Students-teachers' conceptions of science, teaching and learning: A case study in preservice science education*. EN: International Journal of Science Education, (Vol.12 No.4) pp.381-390.

Aikenhead, G.S. (1973) *The measurement of highschool students' knowledge about science and scientists*. EN: Science Education, (Vol.57 No.4), pp.539-549.

Aikenhead, G.S. (1979) *Science: A way of knowing*. EN: The Science Teacher, (Vol.46 No.6), pp.23-25.

Akerson, V.L., Abd-El-Khalick F. *et.al.* (2000) *Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science*, EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.37 No.4) abril, pp.295-317.

Alters, B.J. (1997a) *Whose nature of science?* EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.34 No.1) pp.39-55.

Alters, B.J. (1997b) *Nature of science: a diversity of uniformity of ideas?* EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.34 No.10) pp.1105-1108.

Arnheim, R. (1989) *Sobre la naturaleza de la fotografía*. EN: Nuevos ensayos sobre psicología del arte. Madrid: Alianza Editorial, pp.111-121.

Ayer, A.J. (1965) *El positivismo lógico*. México: Fondo de Cultura Económica, pp.205-215.

Bady, R.A. (1979) *Students' understanding of the logic of hypothesis testing*. EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.16 No.1) pp. 61-65

Barthes, R. (1980) *La cámara lúcida*. Barcelona: Paidós.

Bell, R.L. y Lederman, N.G. (2003) *Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues*. EN: Science Education, (Vol.87 No. 3) mes, pp.252-377.

Berruecos, L. (2009) *La divulgación de la ciencia puesta en discurso*. México: UNAM.

Bloom, J.W. (1989) *Preservice elementary teachers' conceptions of science: science, theories and evolution*. EN: International Journal of Science Education, (Vol.11 No.4) mes, pp.401-415.

Bucchi, M. (2008) *Handbook of public communication of science and technology*. Rutledge, pp. 57-73.



Carey, R.L. y Stauss, N.G. (1970) *An analysis of experienced science teacher's understanding of the nature of science*. EN: School science and mathematics (Vol.70, No.5), pp.366-376.

Chávez, N. *et.al.*, (2015) *La idea de déficit en la comunicación de la ciencia*. EN: Ciencia y Desarrollo (No.276), pp.1-9. EN: [http://contentviewer.adobe.com/s/Revista%20Ciencia%20y%20Desarrollo/a8c9dbf4-2574-5d9c-93e0-270cae5e5186/CyD\\_276\\_ipad/10\\_deficit\\_comunicacion.html#page\\_0](http://contentviewer.adobe.com/s/Revista%20Ciencia%20y%20Desarrollo/a8c9dbf4-2574-5d9c-93e0-270cae5e5186/CyD_276_ipad/10_deficit_comunicacion.html#page_0)

Cobern, W.W. (1993) *College students conceptualizations of nature: an interpretative worldview analysis*. EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.30 No.9) pp.935-951.

Córdoba, J.L. (1989) *Ácidos y bases*. EN: Educación Química, publicación del Departamento de Química de la UAM Iztapalapa (Julio, 1989), pp.33-36.

Driver, R. *et al.*, (1996) *Young people's images of science*. Londres: Open University Press.

Duschl, R.A. y Wright, E. (1989) *A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science*. EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.26 No.6) pp.467-501.

Durkee, P. (1974) *An analysis of the appropriateness and utilization of TOUS with special reference to high-ability students studying physics*. EN: Science Education, (Vol.58 No.3) pp.343-356.

Echeverría, J. (1997) *La filosofía de la ciencia en el siglo XX: Principales tendencias*. EN: Ágora, (Vol.16 No.1) pp.5-39.

\_\_\_\_\_ (1999) *Introducción a la metodología de la ciencia: la filosofía de la ciencia en el siglo XX*. Barcelona: Cátedra.

Eflin, J.T. *et al.*, (1999) *The nature of science: a perspective from the philosophy of science*. EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.36 No.1) pp.107-116.

Estrada, L., *et al.*, (1981) *La divulgación de la ciencia*. México: UNAM.

Estrada, L. (2002) La divulgación de la ciencia. EN: *Antología de la divulgación de la ciencia en México*. México: UNAM, pp.138-151.

Fayard, P. (2004) *La comunicación pública de la ciencia: hacia la sociedad del conocimiento*. México: UNAM.

Fernández I., et. al (2002) *Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza*. EN: Enseñanza de las Ciencias, (Vol.20 No.3) pp.477-488.

Feyerabend, P.K. (1975) *How to defend society against science*. EN: Scientific Revolutions Oxford: Oxford University Press. pp.156-167.

\_\_\_\_\_ (1981) *Tratado contra el método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*. Madrid: Tecnos.

Fiálkov, Y.Y. (1985) *Propiedades extraordinarias de las soluciones corrientes*. Moscú: Mir. Pp.66-70.

Field S. (1996) *El manual del guionista: ejercicios e instrucciones para escribir un buen guión paso a paso*. Madrid: Plot.

Fleck, L. (1986) *La génesis y desarrollo de un hecho científico*. Madrid: Alianza Editorial, Capítulos 1, 2 y 4.

Haidar, A.H. (1999) *Emirates pre-service and in-service teachers' views about the nature of science*. EN: International Journal of Science Education, (Vol.21 No.8) pp.807-822.

Hornig, S. (2010) *Encyclopedia of Science and Technology Communication*. Washington: SAGE Publications.

Jungwirth, E. (1970) *An evaluation of the attained development of the intellectual skills needed for 'understanding the nature of scientific enquiry' by BSCS pupils in Israel*. EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.7 No.2) pp.141-151.

Klopfer, L. y Cooley, W. (1963) *The history of science cases for high schools in the development of student understanding of science and scientists*. EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.1 No.1) pp. 33-47.

Kuhn, A. (1985) *The power of the image*. London: Routledge & Kegan Paul. pp.1-8.

- Kuhn, T.S. (2011) *La estructura de las revoluciones científicas*. Ciudad de México: FCE.
- Lakatos, I. (2002) *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- Latour, B. (1983) *Give a Laboratory and I Will Raise the World*. EN: Science observed: Perspectives on the Social Studies of Science. London: Sage. pp. 141-169.
- Laudan, L. (1986) *El progreso y sus problemas: hacia una teoría del crecimiento científico*. Madrid: Encuentro.
- Lederman, N.G. y O'Malley, M. (1990) *Students' preconception of tentativeness in science: development, use, and sources of change*. EN: Science Education, (Vol.74) pp.225-239.
- Lederman, N.G. (1992) *Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the Research*. EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.29 No.4) abril, pp.331-359.
- \_\_\_\_\_ (1999) *Teachers' understanding of the nature of science: factors that facilitate or impede the relationship*. EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.36 No.8) mes, pp.916-929.
- \_\_\_\_\_ (2007) *Nature of science: past, present, and future*. EN: Handbook of Resarch in Science Education, (Vol. 2) pp.831-879.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick F. *et.al.* (2002) *Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science*, EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.39 No.6) agosto, pp.497-521.
- Lewenstein, B.V. (2003) *Models of public communication of science and technology*. EN: Public Understanding of Science, (Vol. ) junio, pp.1-11.
- León, B. (1999) *El documental de divulgación científica*. Barcelona: Paidós.
- Liu, S.Y. y Lederman, N.G. (2002) *Taiwanese students' views of nature of science*. EN: School Science and Mathematics (Vol.102, No.3), pp.114-122.

Lombardi O. y Pérez, A.R.. (2011) *Pluralismo ontológico sincrónico*. EN: Los múltiples mundos de la ciencia. Un realismo pluralista y su aplicación a la filosofía de la física. México: UNAM – Siglo XXI editores, pp.80-101.

Mackay, L.D. (1971) *Development of understanding about the nature of science*. EN: Journal of Research in Science Teaching (Vol.8 No.1) pp.57-66.

Manassero, M.A., y Vázquez, A. (2000) *Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia*. EN: Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado (37) abril, pp. 187-208.

McComas W. F. (1998) *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp.41-52).

McComas W.F. y Olson, J.K. (1998) *The nature of science in international science education standards documents* EN: The nature of science in science education: rationales and strategies (pp.41-52).

Mellado V. (1996) *Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria*. EN: Enseñanza de las Ciencias, (Vol.14 No.3) pp.289-302.

National Research Council (1996) *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press.

Negrete, A. (2008) *La divulgación de la ciencia a través de formas narrativas*. México: UNAM.

\_\_\_\_\_ (2014) *La ciencia de contar cuentos y el método RIRC*. México: UNAM.

Osborne, J., et al. (2003) *What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community*. EN: Journal of Research in Science Teaching. (40), septiembre, pp. 692-720.

Palmquist B.C. y Finley, F.N. (1997). *Preservice teachers’ views of the nature of science during a postbaccalaureate science teaching program*. EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.34 No.6) pp.595-615.

Pérez-Ransanz, A.R. (1999). *Kuhn y el cambio científico*. México DF: FCE.

Rodríguez de Fonseca, J. (2012) *Saber narrar en cine*. EN: Saber Narrar. México: Aguilar. pp.191-287.

Rubba, P.A. y Andersen, H. (1978) *Development of an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge*. EN: Science Education, (Vol.62 No.4), pp.449-458.

Rudolph J.L. (2003) *Portraying epistemology: school science in historical context*. EN: Science Education, (Vol.87 No.1) pp.64-79.

Ryan A.G. y Aikenhead, G.S. (1992) *Students' preconceptions about the epistemology of science*. EN: Science Education, (Vol.76 No.6) pp.559-580.

Sánchez, A. M. (2010) *Introducción a la comunicación escrita de la ciencia*. Xalapa: Universidad Veracruzana.

Smith, M.U. et al. (1997) How great is the disagreement about the nature of science: a response to Alters. EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.34 No.10), pp.1101-1103.

Sontag, S. (2006) *El mundo de la imagen* EN: Sobre la fotografía. México: Alfaguara. pp.213-251.

Standford Encyclopedia of Philosophy (2010) EN: <http://plato.stanford.edu/entries/neurath/>

Stockmayer S., Gore, M. y Bryant, C. (2002) *Science communication in theory and practice*. Kluwer Academic Publishers, IX-XV.

Tamir, P. (1972) *Understanding the process of science by students exposed to different science curricula in Israel*. EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.9 No.3) pp.239-245.

Tobin, K. y McRobbie, C.J. (1997) *Beliefs about the nature of science and the enacted science curriculum*. EN: Science & Education, (Vol.6 No.4), pp.335-371.

Tonda, J. Sánchez, A.M., Chávez, N. (2002) *Antología de la divulgación de la ciencia en México*. México: UNAM.

Tosi, V. (1987) *El manual de cine científico*. México: UNAM.

Tsai, C.C. (2001) *Ideas about earthquakes after experiencing a natural disaster in Taiwan: An analysis of students' worldviews*. EN: International Journal of Science Education, (Vol.23 No.10), pp.1007-1016.

Valek, G. (2002) *La divulgación de la ciencia, reto para la comunicación y el periodismo*. EN: J. Tonda, A.M Sánchez, N. Chávez. Antología de la divulgación de la ciencia en México. México: UNAM, pp.338-342.

Vancik, H. (1999) *Opus Magnum: An Outline for the Philosophy of Chemistry*. EN: Foundations of Chemistry (Vol.1 No.3), pp.241-256.

Van Fraassen, B.C. (1980) *Arguments Concerning Scientific Realism*. EN: The Scientific Image, Oxford: Clarendon Press, pp.1064-1087.

Valenzuela, C. (1995) *Química general. Introducción a la química teórica*. Salamanca: Universidad de Salamanca, pp.486 y 487.

Vázquez, A., et. al. (2004) *Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza*. EN: Revista Iberoamericana de Educación. <http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>

Vázquez, A. et.al. (2001) *Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia* EN: Argumentos de Razón y Técnica. (4) pp. 135-176.

Walters-Adams, S. (2006) *The relationship between understanding of the nature of science and practice: the influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning*. EN: International Journal of Science Education, (Vol.28 No.8), pp.919-944.

Welch, W.W. (1966) *Science Process Inventory, Form D*. Minneapolis: University of Minnesota.

Wilson, L. (1954) *A study of opinions related to the nature of science and its purpose in Society*. EN: Science Education, (Vol.38 No.2) pp.159-164.

Yager, R.E (1966) *Teacher effects upon the outcomes of science instruction*. EN: Journal of Reseach in Science Teaching, (Vol.4 No.4), pp.236-242.

Yager, R.E., y Wick, J.W. (1966) *Three ephases in teaching biology: A statistical comparison of the results*. EN: Journal of Research in Science Teaching, (Vol.4 No.1) pp.16-20.