



Un modelo conceptual y taxonómico para estructurar el campo ciencia-tecnología-sociedad (o naturaleza de la ciencia y tecnología, o como se llame)

A conceptual and taxonomic model to structure the field science-technology-society (or nature of science and technology, or whatever it is called)

Ángel Vázquez-Alonso

Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca, España
angel.vazquez@uib.es
ORCID 0000-0001-5830-7062

María-Antonia Manassero-Mas

Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca, España
ma.manassero@uib.es
ORCID 0000-0002-7804-7779

Resumo:

Os especialistas e pesquisadores em didática da ciência concordam que a natureza da ciência (NdC) é um componente constituinte e relevante da alfabetização científica (e tecnológica) que todos os cidadãos devem adquirir da educação básica. Esse meritório acordo contrasta com as múltiplas controvérsias existentes sobre essa questão, desde sua denominação até os desenhos didáticos que representam mais genuinamente esses conteúdos nos currículos educacionais e que afetam os aspectos da pesquisa e educacionais. Nos últimos anos, a controvérsia centrou-se na chamada "visão de consenso", considerada um reducionismo do significado da NdC pelos críticos, que propõem conceituações mais amplas. Este estudo apresenta uma nova conceituação do NdC, que assume as críticas à visão de consenso, e parte do modelo de três mundos da ciência de Popper. As interações e relações entre os três mundos, de uma forma natural, geram e justificam um conjunto de meta-conhecimentos interdisciplinares que formam a NdC, em que inclui explicitamente a tecnologia, de modo que o conceito de ciência é estendido para a tecno-ciência e, portanto, a NdC também é re-conceituada como a Natureza da Ciência e Tecnologia (NdC&T). Este quadro permite desenvolver um esquema holístico de quatro aspectos básicos onde vários temas e subtemas específicos são dispostos em uma taxonomia funcional, flexível e aberta que dá estrutura à conceituação do NDC & T e inclui as concepções anteriores.

Palavras-chave: Alfabetização em ciência e tecnologia; ciência, tecnologia, sociedade, meio ambiente; Conceituação da natureza da ciência e tecnologia; ensino e aprendizagem.

Resumen:

Los especialistas e investigadores en didáctica de la ciencia coinciden en que la naturaleza de la ciencia (NdC) es un componente constitutivo y relevante de la alfabetización científica (y tecnológica) que deben adquirir todos los ciudadanos desde la educación



básica. Este meritorio acuerdo contrasta con las múltiples controversias existentes acerca de esta cuestión, desde su denominación hasta los diseños didácticos que representen más genuinamente estos contenidos en los currículos educativos, y que afecta a los aspectos de investigación y educativos. En los últimos años la controversia se ha centrado entre la denominada "visión de consenso", considerada un reduccionismo del significado de NdC por los críticos, quienes proponen conceptualizaciones más amplias. Este estudio presenta una nueva conceptualización de NdC, que asume las críticas a la visión de consenso, y parte del modelo de tres mundos sobre la ciencia de Popper. Las interacciones y las relaciones entre los tres mundos, de una manera natural, generan y justifican un conjunto de meta-conocimientos interdisciplinarios que conforman la NdC, en los cuales se incluye explícitamente la tecnología, de modo que se amplía el concepto de ciencia hasta la tecno-ciencia y, por lo tanto, también se re-conceptualiza la NdC como la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdC&T). Este marco permite elaborar un esquema holístico de cuatro aspectos básicos, donde múltiples temas específicos y subtemas se organizan en una taxonomía funcional, flexible y abierta que da estructura a la conceptualización de NdC&T y que engloba a las conceptualizaciones anteriores.

Palabras clave: Alfabetización en ciencia y tecnología; ciencia, tecnología, sociedad, ambiente; Conceptualización de la naturaleza de la ciencia y la tecnología; enseñanza y aprendizaje.

Summary:

The specialists and researchers in science education agree that nature of science (NoS) is a constituent and relevant component of scientific (and technological) literacy that all citizens must acquire from basic education. This meritorious agreement contrasts with the multiple controversies existing about this issue, from its name to the didactic designs that more genuinely represent these contents in the educational curricula, which affects the research and the educational aspects. In recent years, controversy has centered on the so-called "consensus view", which is considered a reductionism of the NoS meaning by critics, who propose broader conceptualizations. This study presents a new conceptualization of NoS, which assumes criticisms on the consensus view, and starts from Popper's three-world model of science. The interactions and relationships between the three worlds, in a natural way, generate and justify a set of interdisciplinary meta-knowledge that give rise the NoS, where technology is explicitly included, so that the concept of science is extended to the techno-science and, therefore, the NoS is also re-conceptualized as the Nature of Science and Technology (NoS&T). This framework allows to elaborate a holistic scheme of four basic aspects, where multiple specific topics and sub-topics are organized in a functional, flexible and open taxonomy that gives structure to the conceptualization of NoS&T and that encompasses previous conceptualizations.

Keywords: scientific and technological literacy; science, technology, society, environment; conceptualization of the nature of science and technology; teaching and learning.



Introducción

Este estudio presenta una reflexión sobre la conceptualización del campo ciencia, tecnología y sociedad o naturaleza de la ciencia (NdC) – o como quiera que se denomine - para una alfabetización científica y tecnológica funcional al servicio de los ciudadanos, por lo tanto, para la enseñanza y el aprendizaje de las cuestiones que conforman este amplio campo de investigación y educación. El documento elabora un marco amplio y genuino para NdC, y en consecuencia, se sistematiza mediante una taxonomía qué investigar, enseñar y aprender sobre NdC (Allchin, Andersen y Nielsen, 2014).

Además, la actual integración de la ciencia y la tecnología en el concepto de tecno-ciencia (Tala, 2009) sugiere ampliar el concepto clásico NdC con la tecnología, dando lugar al concepto ampliado naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdC&T). Esta característica permite abordar de manera natural y en forma conjunta las prácticas científicas y de ingeniería para la educación en ciencia y tecnología, tal como se presenta habitualmente en planes de estudios innovadores, como, por ejemplo, los estándares de ciencias para las nuevas generaciones (NGSS, 2013).

La conceptualización propuesta aquí (luego denominada 3-mundos/NdC&T) es alternativa, tanto para la llamada "visión de consenso", ya que el documento asume las críticas generales planteadas en la literatura sobre esa visión, y también es alternativa a la reciente re-conceptualización FRA-to-NdC (RFN a partir de aquí) propuesta por Erduran y Dagher (2014), pues la conceptualización 3-mundos/NdC&T elige una base del modelo diferente y que proporciona una taxonomía más amplia para las características de NdC que RFN.

La cuestión nominalista acerca de cuál es el mejor nombre para designar estos tópicos (tales como ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, naturaleza de la ciencia o naturaleza de la ciencia y la tecnología, etc.) fue zanjada hace años con una posición ecléctica sostenida por Glen Aikenhead en un memorable artículo donde se relativizaba la cuestión del nombre, más o menos adecuado, para designar un conjunto de temas, complejos y dispares por su propia naturaleza, y que, por ello, relativizan la importancia del nombre elegido para designarlos (Aikenhead, 2003)

Contextualización teórica

El tema de este estudio, que en lo sucesivo se denominará por brevedad NdC&T se refiere al meta-conocimiento interdisciplinar sobre los conocimientos y las prácticas científicas y tecnológicas elaborado a partir de múltiples disciplinas (historia, filosofía, sociología, psicología, economía, etc.). Esta demarcación interdisciplinar representa NdC&T como un conocimiento complejo (contribuciones interdisciplinarias), dialéctico (evolutivo), multifacético (perspectivas analíticas múltiples), y controvertido (naturaleza argumentativa) que conforma un territorio de investigación permanentemente impugnado (los académicos a menudo no están de acuerdo). En consecuencia, su enseñanza y aprendizaje en la educación científica y tecnológica (ECT) se convierte en un desafío difícil e innovador para los docentes (Millar, 2006).



Alfabetización científica y tecnológica

Los académicos ven dos componentes principales para la alfabetización científica (y tecnológica) (ACT): la comprensión "de" la ciencia tradicional (conceptos, leyes, modelos y teorías y procesos) y la comprensión "sobre" la ciencia (NdC&T). Para la mayoría, enseñar y aprender NdC&T se considera un componente central de la ACT para todos los ciudadanos (no solo para científicos o ingenieros), por lo tanto, ACT es el contexto objetivo para enseñar NdC&T en ECT (Hodson, 2008).

En la literatura, la enseñanza de NdC&T ha sido justificada por estas razones (Sjøberg, 1997): socio-económicas (fomenta el desarrollo económico y social), culturales (inculturación de las personas en la cultura de C&T), autonomía (facilita el bienestar personal y social), utilidad (ayuda personal y toma de decisiones sociales), democrático (promueve la participación pública en asuntos sociales) y ético (la responsabilidad de los científicos y técnicos en la gestión de los asuntos tecno-científicos).

Algunas pedagogías de los salones de ciencias tradicionales (por ejemplo, la memorización) causan un aprendizaje sin sentido que a menudo aliena y desafecta a los estudiantes, ya que no satisfacen los intereses, las necesidades o la autoimagen de los estudiantes. Por ejemplo, muchas mujeres se sienten incómodas cuando aprenden ciencias, y muchos estudiantes rechazan la ciencia y la tecnología para sus futuras carreras y trabajos. Por otro lado, la educación ECT tradicional, sin NdC&T, a menudo choca con los valores constitutivos de la ciencia (por ejemplo, promoviendo la credulidad en lugar del escepticismo) que la NdC&T defiende (Aikenhead, 2006). En cambio, la presencia activa de NdC&T en las aulas de ciencias proporciona un sentido de coherencia global a todo el currículo de C&T, por lo que la enseñanza de NdC&T es una fuente de valores que desarrolla una auténtica ACT (Duschl, Maeng, & Sezen, 2011; Erduran & Dagher, 2014). En general, una razón educativa relevante adicional para enseñar a NdC&T surge de dar un significado global a los contenidos de aprendizaje para todos los estudiantes en el contexto de ACT: la pedagogía y los contenidos deben ser coherentes con las características de NdC&T y contribuir a dotar de sentido y significado a estos (Bennássar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010).

El aprendizaje sobre NdC&T a menudo se llama ACT funcional, ya que sirve a los ciudadanos para participar en la ciencia o para tomar decisiones informadas en su vida diaria (Allchin et al., 2014). El ACT funcional implica comprender algunas características clave del desarrollo y la validación del conocimiento y las prácticas de ciencia y tecnología: suposiciones, recopilación e interpretación de datos, fiabilidad de las conclusiones y las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad (financiación, comunicación, instituciones, políticas públicas, etc.), donde los problemas ambientales y socio-científicos son centros de interés prominentes. Por lo tanto, la ACT funcional es el contexto global para la enseñanza y el aprendizaje de NdC&T en la ECT.

La visión de consenso

La visión de consenso presenta NdC a través de una lista de aspectos NdC, justificada con el razonamiento de que una lista corta y clara puede ser suficiente para los objetivos de ACT y



para facilitar al profesorado la enseñanza de las complejas cuestiones de NdC&T. Los siete de Lederman se consideran un representante conspicuo de este punto de vista e incluyen los siguientes aspectos de NdC del conocimiento científico: empíricos, cargados de teoría, inferenciales, creativos, tentativos, inciertos y socialmente integrados (Lederman, 2007). McComas (2008) desarrolló una lista semejante, pero más larga de principios de NdC (cuarta columna de la tabla en el apéndice).

Las listas de la visión de consenso han sido criticadas sobre todo por ser excesivamente reduccionistas, y por lo tanto inválidas para representar adecuadamente la NdC&T. Las críticas informan aspectos más concretos de las críticas, tales como confusión entre las características ontológicas, filosóficas, sociológicas y éticas de la ciencia, la representación inexacta de la heterogeneidad de las prácticas científicas, la distorsión del desarrollo histórico de la ciencia y la ignorancia o devaluación de algunas características, como el papel de la tecnología, y los aspectos sociales, verbales y comunicativos en la construcción del conocimiento (Allchin, 2011; Duschl & Grandy, 2008; Matthews, 2012; van Dijk, 2012). Por lo tanto, los críticos abogan por una visión integral e inclusiva de NdC&T (por ejemplo, Allchin llama "ciencia total"), donde todas las características sobre la ciencia (prácticas cognitivas, epistémicas y sociales, así como los contextos materiales y tecnológicos) son los contenidos válidos "sobre" la ciencia que se enseñará en ECT.

Alternativas y críticas a la visión de consenso

A través de un estudio empírico Delphi que recogió las opiniones de los docentes, Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl (2003) desarrollaron una nueva lista. Las categorías de esta lista (ciencia y tecnología, culturalmente integrado, desarrollo cooperativo del conocimiento, creatividad, análisis e interpretación de datos, cuestionamiento, hipótesis y predicción, método científico, pruebas críticas, certeza, diversidad del pensamiento científico, desarrollo histórico) muestran un nuevo perfil para NdC, ya que son más amplias que las propuestas de la lista anterior y aportan un cierto fundamento empírico.

Matthews (2012) sugirió cambiar la denominación de NdC a características de la ciencia (FOS) y propuso un conjunto de FOS que representan una imagen integral y más amplia de la ciencia (ver detalles en la tercera columna de la tabla en el apéndice). De hecho, ampliar el campo no significa establecer objetivos educativos de alto nivel; más bien, propone explícitamente objetivos modestos para FOS. Además, la pedagogía debe ser adecuada para permitir la elaboración, discusión e indagación de los estudiantes sobre las cuestiones de FOS, en lugar de limitarse solo a transmitir y evaluar FOS. El cambio de NdC a FOS sigue centrado en la naturaleza del conocimiento científico, aunque implica una mayor preocupación por los procesos, las instituciones y los contextos culturales y sociales en los que se produce el conocimiento.

Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo (2007) analizaron empíricamente 637 frases del instrumento opiniones sobre la ciencia-tecnología-sociedad (VOSTS) (Aikenhead y Ryan, 1992) buscando el acuerdo de los jueces expertos sobre esas frases acerca de NdC&T. El criterio de acuerdo se estableció cuando 2/3 de los jueces coincidían en la clasificación de la frase



como adecuada o ingenua. Los resultados mostraron un amplio catálogo de frases que cumplieran con el estricto criterio de acuerdo empírico: 41 frases llegaron al estado de ideas adecuadas y 93 frases como ideas ingenuas. Por lo tanto, este análisis empírico demuestra que los expertos pueden acordar un conjunto mucho más amplio de diferentes enunciados sobre NdC&T que una simple lista de consenso, corta y reduccionista.

Resumiendo, parece también consensual que la visión de consenso es una representación reducida de NdC, de modo que los críticos abogan por una visión más holística e inclusiva de NdC, donde todas las características relacionadas con hacer ciencia son candidatas para ser enseñadas a los estudiantes en la educación de ciencia y tecnología. La visión más amplia de NdC&T acerca de la ciencia auténtica (total) no solo incluye las listas de principios adecuados, propuestas con anterioridad, sino que también las amplía, para incluir también una gran cantidad de concepciones ingenuas, que también deben ser consideradas significativamente en la pedagogía de enseñanza. Además, la controversia sobre el punto de visión del consenso muestra que cualquier visión de NdC&T es parcial y fragmentaria; por lo tanto, se necesita una estructuración del campo no solo para superar el reduccionismo, sino también para desarrollar clasificaciones que puedan ayudar a los investigadores y profesores a identificar sus objetivos y situarse adecuadamente en medio de la complejidad del campo NdC&T.

Reconceptualización FRA-TO-NDC (RFN)

Erduran y Dagher (2014) asumen una visión más amplia de NdC&T, aplicando el modelo del parecido familiar (FRA) de Irzik y Nola (2014) para desarrollar la idea de que las diferentes ciencias, como los miembros de una familia, se asemejan y diferencian entre sí en algunos aspectos; esta orientación explica los aspectos de dominio general y los aspectos de dominio específico de la ciencia.

El modelo RFN reconceptualiza NdC en términos de dos dimensiones interactivas (cognitivo-epistémica y social-institucional) que abarcan muchos aspectos NdC en otras totalidades significativas. La dimensión cognitivo-epistémica incluye cuatro categorías: prácticas científicas, objetivos y valores, métodos y reglas metodológicas, y conocimiento científico. La dimensión social e institucional contiene las siguientes categorías: actividades profesionales, ética científica, certificación social, valores sociales y aspectos organizativos, políticos y financieros de la ciencia, aunque solo cuatro de ellos aparecen más adelante en otras descripciones sucesivas. El RFN aporta una visión holística, donde los aspectos específicos (clasificación, observación, experimentación, cuestiones epistemológicas relevantes para la educación científica, similitudes disciplinarias y especificidad de dominio, etc.) que se asignan a las categorías explican las variaciones entre las distintas disciplinas de ciencia y tecnología. El ojo de la ciencia y los anillos heurísticos son dos instrumentos del modelo que organizan los elementos de RFN (tabla 1).

Con todo, la re-conceptualización de RFN estructura NdC de acuerdo con una visión integral del conocimiento y las prácticas científicas y otras categorías familiares. Este documento presenta una re-conceptualización alternativa a la propuesta de RFN, compartiendo las críticas a la visión de consenso, para ir más allá de las listas reduccionistas de principios y la misma concepción global para NdC&T, y tratando de mejorar algunos aspectos organizativos del campo.



La Conceptualización 3-mundos/NdC&T

La inspiración teórica para esta nueva propuesta es la analogía de tres mundos para la ciencia del filósofo Popper, y que se basa en la filosofía de Platón. El Mundo 1 es el mundo físico de los objetos materiales (tanto naturales como artificiales), mientras que el segundo mundo (Mundo 2) se refiere al reino psicológico de los pensamientos humanos, las cogniciones y los estados mentales acerca del Mundo 1. Los científicos desarrollan una variedad de ideas y estados mentales (Mundo 2) sobre el Mundo 1 a través de la conciencia humana, las actividades mentales y las percepciones, implementadas por medio de la observación, la clasificación y la experimentación, que generan datos y pruebas acerca de ideas variadas, positivas y negativas sobre el mundo físico (Figura 1).

La elaboración avanzada de las cogniciones (Mundo 2) a través de las herramientas personales y sociales, como la comunicación, el razonamiento, la argumentación, la contradicción, la replicación, la autocrítica, la revisión por pares, etc. crea nuevos productos de la mente independientes y tangibles sobre el Mundo 1 (ideas, leyes, modelos, teorías, ilustraciones, artesanías, problemas, argumentos, libros, documentos, etc.) que conforman el Mundo 3, denominado originalmente por Popper el mundo del conocimiento creado (objetivo). Además, el Mundo 3 y el Mundo 1 retroalimentan continuamente al Mundo 2 con prácticas innovadoras y originales (a menudo, nuevas observaciones y experimentos inspirados en las nuevas teorías), de modo que el conocimiento científico y tecnológico validado (Mundo 3) puede sugerir orientaciones innovadoras para prácticas o repeticiones nuevas, y los nuevos datos y resultados de pruebas extraídos del Mundo 1 pueden influir en las nuevas prácticas en Mundo 2 (evoluciones o revoluciones) y nuevos desarrollos y refinamientos del conocimiento científico y tecnológico (Mundo 3), a través de estos procesos continuos e interactivos.

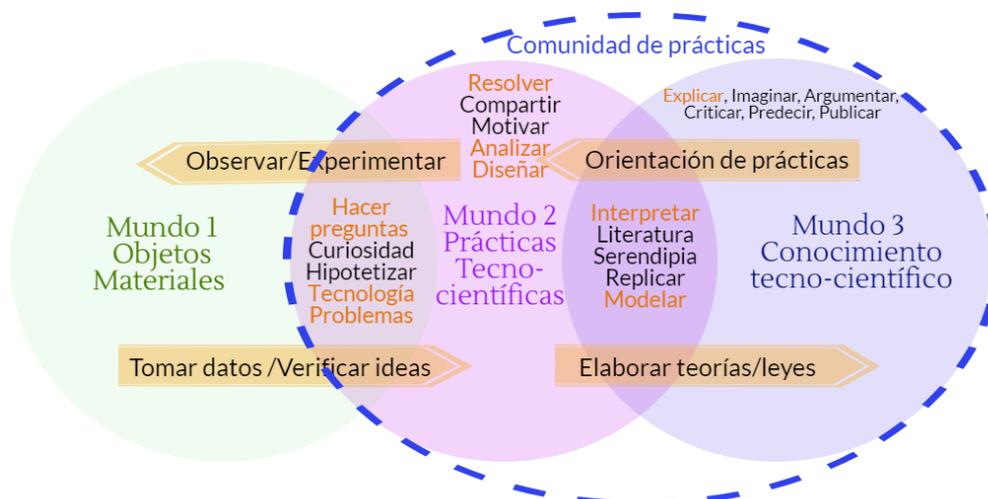


Figura 1. El modelo de los tres mundos de Popper sobre la ciencia aplicado a la re-conceptualización de los temas de la naturaleza de la ciencia y la tecnología



Además de los estados mentales subjetivos de los científicos, el Mundo 2 desarrolla una amplia gama de interacciones complejas entre los propios científicos (controversias y debates científicos) y entre la comunidad científica y la sociedad en general (impactos sociales). Además, las interacciones intensas, permanentes y dialécticas entre el Mundo 2 y el Mundo 3 imbrican ambos mundos tan profundamente, que la distinción entre conocimiento objetivo (Mundo 3) y subjetivo (Mundo 2) se vuelve bastante difusa. De hecho, Hodson (2008) descartó la objetividad como una propiedad del Mundo 3, llamando al Mundo 3 “el mundo del conocimiento científico y tecnológico” (teorías y artefactos de ideas tecnológicas y científicas) y al Mundo 2 “el mundo de las prácticas científicas” (pensamientos científicos subjetivos sobre el Mundo 1).

La imbricación entre el Mundo 2 y el Mundo 3 conforma una nueva entidad (la comunidad de prácticas) que combina conocimiento y estados mentales, actores individuales y colectivos, tejiendo un sistema complejo formado por una densa red de relaciones e interacciones mutuas entre la sociedad, los actores y el conocimiento, que ha sido fundamentalmente estudiada desde la sociología del conocimiento científico. Algunas de las actividades más frecuentes en esta comunidad de prácticas se encuentran expresadas en la figura 1 bajo la forma de verbos de acción: hacer preguntas, resolver, diseñar, interpretar, explicar, imaginar, argumentar, predecir, publicar, etc.

Una espiral interminable de innovaciones y desarrollos surge de las profundas interacciones y realimentaciones entre los mundos Mundo 1-Mundo 2-Mundo 3, a través de las interacciones internas sociales y organizativas entre científicos, y entre la comunidad tecno-científica y la sociedad global. Cuando el conocimiento de C&T (Mundo 3), las actividades en el Mundo 2, el impacto sobre el Mundo 1 y la sociedad de las interacciones Mundo 2-Mundo 3, dentro de la comunidad de prácticas se estudian desde diferentes disciplinas sociales (filosofía, sociología, historia, psicología, política, economía, etc.), se genera un nuevo meta-conocimiento sobre C&T (sobre el conocimiento, los estados mentales y los actores de la C&T en la sociedad).

Este meta-conocimiento forma un nuevo Mundo 4 (meta-conocimientos de C&T), que constituye una nueva forma de conocimiento interdisciplinario, complejo, multifacético, crítico, dialéctico y controvertido sobre el sistema de ciencia y tecnología, que es continuamente informado, influenciado y transformado por las actividades dentro de la comunidad de prácticas (Vázquez y Manassero, 2017).

Dentro de esta comunidad de prácticas, la educación en ciencia y tecnología (ECT) se puede considerar un subsistema. El modelo del Mundo 4 sugiere una innovadora propuesta educativa: la inclusión de su meta-conocimiento sobre las características de NdC&T como contenido para el plan de estudios de ciencias escolares. Estos contenidos curriculares de NdC&T incluyen impactos, comunicación, validación, información y análisis del conocimiento científico (ver más detalles en la tabla del apéndice). Esta primera elaboración de la propuesta teórica de re-conceptualización de la NdC&T en el modelo expuesto que se denominará 3-mundo / NdC&T da cuenta de los conocimientos básicos sobre NdC&T a ser enseñados.

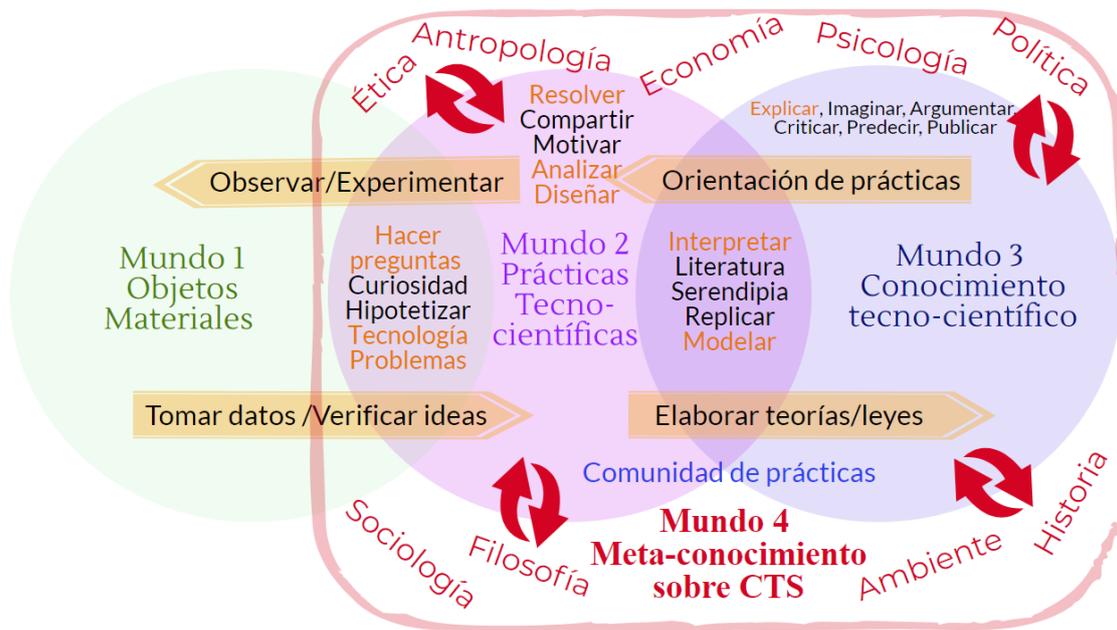


Figura 2. Modelo meta-teórico para la re-conceptualización del campo NdC&T, basada en los tres mundos de Popper; el núcleo es un meta-conocimiento multidisciplinar (Mundo 4) que surge del estudio de la comunidad de prácticas científicas de diferentes disciplinas (sociología, filosofía, historia, psicología, economía, etc.)

Resumiendo, la conceptualización 3-mundos/NdC&T desarrolla las interacciones mutuas entre los tres mundos para mostrar y explicar la génesis de los contenidos complejos, multifacéticos y controvertidos y las estructuras presentan y caracterizan ciencia y tecnología en el mundo actual. En particular, el meta-conocimiento interdisciplinario del Mundo 4 creado mediante el estudio de los contenidos y las estructuras de los Mundos 1, 2 y 3 constituye el núcleo de contenidos de NdC&T para la educación científica (Vázquez & Manassero, 2017).

Un marco taxonómico para la conceptualización de NdC&T

Las complejidades del nuevo meta-conocimiento de NdC&T, que se genera en el Mundo 4, se pueden resumir utilizando un marco taxonómico elaborado por los autores a partir de la propuesta de Aikenhead y Ryan (1992). Esta taxonomía presenta cuatro aspectos:

- I. Definiciones (Ciencia y tecnología)
- II. Sociología externa de la ciencia y la tecnología



III. Sociología interna de la ciencia y la tecnología

IV. Epistemología.

La naturaleza de los aspectos I y IV es epistémica y cognitiva, mientras que los aspectos II y III reúnen las múltiples facetas de las relaciones sociales e institucionales de C&T, que, a su vez, se desarrollan en varios temas (tabla 1). Después, cada tema se divide de manera abierta y flexible en varios subtemas (consulte la primera columna del apéndice), que ayudan a la taxonomía a cumplir con precisión su función de proporcionar una clasificación sistemática, abierta y concreta para permitir incluir todos los potenciales temas y problemas acerca de NdC&T.

Tabla 1. Comparación entre las dimensiones y categorías de la RFN y los aspectos y temas del modelo y de la taxonomía 3-mundos/NdC&T propuestos para conceptualizar la naturaleza de la ciencia, que muestra las coincidencias y las diferencias entre ambas propuestas

| Modelo 3-mundos/NdC&T (taxonomía VOSTS) | | Modelo RFN | |
|---|---|--------------------------------|--|
| Aspectos | Temas | Dimensiones | Categorías |
| I - DEFINICIONES | 1. Ciencia y tecnología | SISTEMA EPISTÉMICO Y COGNITIVO | Objetivos y valores |
| IV - EPISTEMOLOGÍA | 9. Naturaleza del conocimiento científico | | Prácticas científicas |
| | | Reglas metodológicas | |
| II - SOCIOLOGÍA EXTERNA | 2. Influencias de la sociedad en C&T | SISTEMA SOCIAL- INSTITUCIONAL | Conocimiento científico (teorías, leyes y modelos) |
| | 3. Influencias tridimensionales C-T-S | | |
| | 4. Influencias de C&T en la sociedad | | Organizacionales, políticas y financieras |
| | 5. Influencias de la ciencia escolar en la sociedad | | Valores sociales |
| III - SOCIOLOGÍA INTERNA | 6. Características de los científicos | | Certificación y divulgación social |
| | 7. Construcción social del conocimiento científico | | Ética científica |
| | 8. Construcción social de la tecnología | | Actividades profesionales |

La conceptualización propuesta basada en el modelo 3-mundos/NdC&T y su taxonomía VOSTS elaborada permite demostrar la gran coincidencia entre ambos modelos y que las dimensiones



y categorías del modelo RFN son un caso especial de nuestro modelo, es decir, que nuestro modelo incluye como caso particular el modelo RFN. La principal coincidencia es la imagen global para la conceptualización de NdC que proporcionan ambas propuestas. Más allá de los números, la tabla 1 hace bastante evidente que ambos sistemas clasifican las características de NdC a lo largo de amplios conjuntos que pueden considerarse equivalentes; RFN presenta dos dimensiones (epistémica-cognitiva y social-institucional), cuya correspondencia con el modelo 3-mundos/NdC&T es bastante obvia: dimensiones definiciones y epistemología se corresponderían con primera del modelo RFN, y las dimensiones de sociología externa e interna se corresponderían con la segunda dimensión del modelo RFN.

Sin embargo, la dimensión epistémica y cognitiva del sistema RFN parece más desarrollada que la dimensión social e institucional, y especialmente, la categoría de prácticas científicas. El hiper-desarrollo de esta dimensión en el modelo de RFN lleva a cuestionar la clasificación de algunos temas asignados a esta dimensión, porque tal vez podrían clasificarse mejor como sociales en lugar de epistémicos. Este podría ser el caso de algunas categorías, tales como las argumentaciones críticas, las evaluaciones y las reflexiones sobre la práctica, y el análisis de las desventajas y riesgos de los desarrollos científicos y tecnológicos. Observaciones semejantes también pueden extenderse a la consideración de los asuntos organizativos, políticos y financieros de la ciencia, que no están completamente desarrollados en la propuesta RFN. Por el contrario, los muchos subtemas del sistema 3-mundos/NdC&T, especialmente para los temas sociales (véase la primera columna del apéndice) pueden ejemplificar y compensar la falta de desarrollo de muchas categorías sociales del modelo RFN (consultar la primera y la segunda columna del apéndice).

Otras diferencias entre es modelos RFN y 3-mundos/NdC&T se refieren al papel y a la consideración de la tecnología, como un compañero importante de la ciencia actual, y una referencia crucial a los muchos aspectos de la sociología de la ciencia externa (desde la ambiental a la energía y el bienestar social). Mientras que el modelo RFN brinda una explicación genérica de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, el modelo 3-mundos/NdC&T proporciona una consideración más detallada y explícita de estas relaciones y del papel de la tecnología.

Por otro lado, el sistema RFN presenta diferentes etiquetas para algunas categorías importantes, como es el caso de los valores y las prácticas. Así, los valores aparecen en las siguientes éticas: objetivos y valores, valores sociales y ética científica. de prácticas aparece en la forma de prácticas científicas y prácticas profesionales. Esta multiplicidad de etiquetas parece excesiva cuando, aparentemente, se refieren a la misma entidad; y además, esta multiplicidad innecesaria puede poner en riesgo la descripción integral de NdC y puede llevar a una cierta confusión conceptual del concepto representado en cada caso.

El modelo 3-mundos/NdC&T proporciona una poderosa representación para conceptualizar NdC&T para la educación ECT, ya que las dimensiones y categorías de NdC&T surgen naturalmente de las interacciones y relaciones entre los tres mundos, como se muestra en la figura 2. Además, la clasificación de las características de NdC&T en la taxonomía 3-mundos /NdC&T es amplia y lo suficientemente flexible como para incluir fácilmente cualquier problema nuevo que pueda aparecer dentro de este campo. De hecho, todos los problemas NdC propuestos por



los autores citados como referencias científicas en este documento pueden asignarse a alguno de los subtemas de la taxonomía VOSTS, como lo muestra la tabla más completa descrita en el apéndice. Especialmente, todas las categorías presentadas por la conceptualización RFN de Erduran y Dagher (2014) corresponden al menos a un subtema del modelo tres mundos; sin embargo, muchos subtemas del modelo 3-mundos/NdC&T carecen de correspondencia con el modelo RFN e incluso con otros autores, lo que demuestra que el modelo 3-mundos/NdC&T es lo suficientemente amplio y detallado como para abarcar las propuestas anteriores para temas de NdC. Además, el contenido y la estructura son suficientemente claros como para ayudar a los profesores a ubicar cualquier problema NdC&T dentro del mapa NdC y el plan de estudios, planificarlos para que sean enseñados, comprender su importancia para la educación científica y tecnológica y desarrollar una heurística para desarrollar las lecciones y, resumen, facilitar que los docentes no especialistas puedan diseñar planes explícitos para enseñar cualquier tema de NdC&T a sus estudiantes.

Conclusiones

Este estudio presenta una conceptualización de NdC&T basada en un marco general global para la educación en ciencia y tecnología (modelo 3-mundos/NdC&T y taxonomía VOSTS). Su visión global es principalmente alternativa a la visión de consenso basada en listas simples. Comparte la visión global de NdC y muchos problemas con otros autores y especialmente con la re-conceptualización RFN de Erduran y Dagher (2014), aunque algunos detalles diferencias también la hacen alternativa a RFN.

Ambas conceptualizaciones (3-mundos y RFN) se derivan de las críticas a la visión de consenso y proponen un amplio conjunto de cuestiones específicas similares y compartidas entre ambas para la conceptualización de NdC&T. Ambas re-conceptualizaciones, 3-mundos/NdC&T y RFN, comparten un alto grado de convergencia para el campo y muchas características clave comunes. Primero, su visión holística básica sobre la NdC y un mapa altamente coincidente de características NdC (aspectos de 3-mundos y dimensiones de RFN) y varias sugerencias para la educación en ciencia y tecnología.

Por otro lado, ambas conceptualizaciones difieren en la base del modelo subyacente de las genera: RFN se basa en el modelo FRA y la heurística, mientras que la propuesta 3-mundos/NdC&T basa su conceptualización en el modelo de ciencia de los tres mundos de Popper, que naturalmente también involucra la naturaleza artificial de la tecnología y las prácticas de ingeniería. El modelo 3-mundos/NdC&T proporciona una poderosa representación para NdC, ya que sus aspectos y temas surgen directamente de la elaboración de las interacciones naturales y las relaciones entre los tres mundos que son lo suficientemente amplias para cubrir todo el campo que conceptualiza, y también son lo suficientemente flexibles como para estar abiertos a un nuevo escrutinio y posterior adaptación en el futuro a las posibles nuevas realidades de la ciencia y la tecnología.

Además, los aspectos y temas de 3-mundos/NdC&T surgen naturalmente del potente modelo de 3-mundos, mientras que la heurística de FRA no permite desarrollar una justificación muy



explícita de sus dimensiones y categorías. El análisis de la comunidad de prácticas desde la perspectiva de otras disciplinas externas y ajenas a la ciencia y la tecnología, da lugar de una manera natural a la dimensión meta-cognitiva que caracteriza el conocimiento de NdC&T.

La conceptualización 3-mundos/NdC&T muestra un mayor número de aspectos (4), temas (9) y subtemas (más de 50) que las dimensiones RFN (2) y categorías (más de 20), de modo que el modelo de 3-mundos incluye los contenidos RFN como un caso particular y esta configuración diferencial plantea algunas cuestiones específicas. Por un lado, RFN apela a una heurística básica de sentido común (FRA de Irzik y Nola) cuyo limitado alcance prospectivo señala algunas flaquezas del análisis RFN. Por ejemplo, podría percibirse algún tipo de desequilibrio entre las dos dimensiones RFN (epistémica y social), ya que la dimensión social e institucional parece desarrollarse en menor medida que el sistema cognitivo-epistémico.

Además, algunas categorías de la dimensión social e institucional RFN parecen un poco confusas. Por ejemplo, RFN atribuye una categoría de objetivos y valores en la ciencia a ambas dimensiones (epistémica y social) de modo que su papel puede parecer mistificado y controvertido entre los sistemas cognitivo-epistémico y social, y de nuevo la categoría está menos desarrollada dentro del sistema social. Además, la repetición de varias categorías que involucran valores no está muy justificada (ethos científico contra los valores sociales), sin embargo, la naturaleza compleja y transversal de los valores no ayuda a la clarificación. RFN presenta algunas categorías (por ejemplo, ética científica, aspectos organizativos, políticos y financieros de la ciencia, crítica científica) que desaparecen en algunas partes de la propuesta. Por último, la asignación de algunos aspectos de RFN a una categoría específica también es polémica, debido a su aparente superposición en varias categorías (por ejemplo, la revisión por pares podría estar asignada a la certificación social o a actividades profesionales).

Más allá de las diferencias, se debe enfatizar nuevamente que ambas propuestas comparten una explicación holística para la representación de la ciencia y la tecnología que intenta superar las visiones reduccionistas de la visión de consenso, integrando y ampliando contenidos, métodos (enseñanza, aprendizaje, investigación ...) y la creación de herramientas dinámicas de desarrollo e interactivas.

Finalmente, la conceptualización 3-mundos/NdC&T ha venido probando su efectividad para investigar y desarrollar planes de estudio y programas educativos, y especialmente para hacer frente a la formación de los docentes de ciencia y tecnología como un grupo objetivo principal en los últimos años (Bennassar et al., 2010; Vázquez, y Manassero-Mas. 2013; Vázquez-Alonso, Manassero-Mas, y Bennassar-Roig, 2014). No obstante, los fundamentos teóricos de este nuevo enfoque aún deben continuar desarrollándose para ampliar su validación empírica y las pruebas de su efectividad para las estrategias de enseñanza a través del trabajo de los responsables de la formulación de políticas, los creadores de currículos, los investigadores, los profesores de ciencias, y otros interesados. Dentro de esta perspectiva, debe tenerse en cuenta que alguna investigación (especialmente la literatura sobre la enseñanza de cuestiones socio-científicas, la innovación responsable de la investigación y otros temas) está empezando a señalar insistentemente que la falta de habilidades de pensamiento de orden superior (capacidad de pensamiento crítico, de reflexión, de argumentación válida y razonamiento,



de toma de decisiones, de solución problemas abiertos ...) son factores cruciales que impiden comprender los temas de NdC&T. La detallada conceptualización del modelo de 3-Mundo / NdC&T también puede contribuir a incluir y desarrollar sistemáticamente aquellas habilidades de pensamiento en educación que pueden ser críticas para la enseñanza y el aprendizaje exitosos de los contenidos de NdC&T.

Reconocimiento

Proyecto EDU2015-64642-R (MINECO / FEDER) con financiación del Ministerio de Economía y Competitividad de España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

Referencias

- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A., & Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4, 42-66.
- Aikenhead, G. (2003). STS education: A rose by any other name. En R. Cross (Ed.), *A vision for science education: Responding to the work of Peter J. Fensham*, (pp. 59-75). London: Routledge Press.
- Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. New York, NY: Teachers College, Columbia University.
- Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76, 477-491.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95, 518-542.
- Allchin, D., Andersen, H. M., & Nielsen, K. (2014). Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. *Science Education*, 98, 461-486.
- Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero M. A., & García-Carmona, A. (Coor.) (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: OEI. Recuperado de www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf.
- Duschl, R., & Grandy, R. (Eds.). (2008). *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Duschl, R., Maeng, S., & Sezen A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis. *Studies in Science Education*, 47, 123-182.
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education, scientific knowledge, practices and other family categories*. Dordrecht: Springer.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Irzik, G., & Nola, R. (2014). New directions for NOS research. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 999-1022). Dordrecht: Springer.



- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research. Concepts and methodologies* (pp. 3-26). Dordrecht: Springer.
- McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17, 249-263.
- Millar, R. (2006). Twenty first century science: Insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.
- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692-720.
- Sjøberg, S. (1997). Scientific literacy and school science. Arguments and second thoughts. In S. Sjøberg & E. Kallerud (Eds.), *Science, technology and citizenship. The public understanding of science and technology in science education and research policy*, (pp. 9-28). Oslo: NIFU.
- Tala, S. (2009). Unified View of Science and Technology for Education: Technoscience and Technoscience Education. *Science & Education*, 18, 275-298.
- van Dijk, E. M. (2012). Relevant features of science: Values in conservation biology. *Science & Education*, 22, 2141-2156.
- Vázquez, Á., Manassero-Mas, M.A. (2013). La comprensión de un aspecto de la naturaleza de ciencia y tecnología: Una experiencia innovadora para profesores en formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 630-648.
- Vázquez, Á., Manassero-Mas, M.A. (2016). Un modelo formativo para mejorar las ideas de los profesores sobre temas de naturaleza de ciencia y tecnología. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 20, 56-75.
- Vázquez-Alonso, A., & Manassero-Mas, M. A. (2017). An Alternative Conceptualization of the Nature of Science for Science and Technology Education. *Conexão Ciência*, 12, 18-24. Recuperado de <https://periodicos.uniformg.edu.br:21011/ojs/index.php/conexaociencia/issue/view/52>
- Vázquez-Alonso, Á., Manassero-Mas, M. A. y Bennàssar-Roig, A. (Comp.) (2014). *Secuencias de Enseñanza Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. Unidades Didácticas del proyecto EANCYT*. Palma de Mallorca: Autor (CD).



Apéndice

Análisis comparativo de las cuestiones propuestas para representar I NdC&T en algunas conceptualizaciones de la literatura (las correspondencias se han asignado siguiendo la "prueba de mejor ajuste" pues algunos temas se superponen entre varias categorías.

| 3-WORLD / NdC&T (taxonomía)* | RFN Erduran & Dagher (2014) | Matthews (2012) | McComas (2008) |
|---|---|------------------------------|--|
| I. DEFINICIONES | | | |
| 1. Ciencia y tecnología | | | |
| 01. Ciencia | | | |
| 02. Tecnología | Tecnología | Tecnología | |
| 03. I + D | | | |
| 04. Interdependencia | | | CyT interactúan, pero son diferentes |
| II. SOCIOLOGÍA EXTERNA DE S & T | | | |
| 2. Influencias de la sociedad en S & T | | | |
| 01. Gobierno | | | |
| 02. Industria | | | |
| 03. Ejército | | | |
| 04. Ética | | Valores | |
| 05. Instituciones educativas | Respetar las necesidades humanas | | |
| 06. Grupos de especial interés | | | |
| 07. Influencias sobre los científicos | Personal, cultural y social | Cosmovisiones y religión | |
| 08. Influencias generales | | | Influencias históricas, culturales, sociales |
| 3. Influencias típicas | | | |
| 01. Interacción STS | | Cuestiones socio-científicas | |
| 4. Influencias de la ciencia y la tecnología en la sociedad | 4. Influencias de la ciencia y la tecnología en la sociedad | | |
| 01. Responsabilidad social | Ventajas y riesgos | | |



| | | | |
|---|---|-----------|--|
| 02. Decisiónes sociales | | | |
| 03. Problemas sociales | Satisfacción de las necesidades humanas | | |
| 04. Resolución de problemas | | | |
| 05. bienestar económico | | | |
| 06. Contribución al ejército | | | |
| 07. Contribución al pensamiento social | Prevenir el control de ideas por grupos | | |
| 08. Influencias generales | | | |
| 5. Influencias de la ciencia escolar en la sociedad | 5. Influencias de la ciencia escolar en la sociedad | | |
| 01. Unión dos culturas | Ser y actuar honorablemente | | |
| 02. Empoderamiento social | Respetar las ideas basadas en la evidencia Justificar conclusiones (razones y datos) | | |
| 03. Caracterización de la ciencia escolar | Explicaciones precisas Reconocer objeciones y practicar autocrítica | | |
| III. SOCIOLOGÍA INTERNA DE S & T | | | |
| 6. Características de los científicos | | | |
| 01. Motivaciones | Aceptación de desafíos | | |
| 02. Valores y estándares | Objetividad Fiel y veraz | | |
| 03. Creencias | Compromisos teóricos | | |
| 04. Capacidades | Desarrollo de modelos, explicaciones, argumentaciones, evaluaciones y reflexiones | | |
| 05. Efectos de género | | Feminismo | |
| 06. La infrarrepresentación de las mujeres | | | |
| 7. Construcción social del conocimiento científico | | | |



| | | | |
|--|---|--|--|
| 01. Colectivización | Red de instituciones Examen crítico | | |
| 02. Decisiones científicas | Teoría elección / racionalidad Anomalías / refutaciones | Elección de la teoría y racionalidad | |
| 03. Comunicación profesional | Publicación Evaluación por pares | | |
| 04. Competencia profesional | Esfuerzo humano Creatividad | Creatividad | La ciencia tiene un componente creativo |
| 05. Interacciones sociales | Los científicos son parte de la sociedad | | |
| 06. Influencias de los individuos | Campo personal y de disciplina | | |
| 07. Influencias nacionales | Diferentes personas contribuyen | | |
| 08. Ciencia pública y privada | | | |
| 8. Construcción social de la tecnología | | | |
| 01. Decisiones tecnológicas | | | |
| 02. Autonomía de la tecnología | | | |
| IV.EPISTEMOLOGÍA | | | |
| 9. Naturaleza del conocimiento científico | | | |
| 01. Observaciones | Observación | Base empírica | Evidencia empírica |
| 02. Modelos científicos | Modelos | Modelos | |
| 03. Esquemas de clasificación | Clasificación | | |
| 04. Tentativa | Cambio | Tentativa | Provisional, duradero y auto- corrector |
| 05. Hipótesis, teorías y leyes | Teorías y leyes científicas | Teorías y leyes científicas | Conocimiento distinto / especial |
| 06. Enfoque a la investigación | Experimentación Ajuste empírico Amplio conjunto de métodos | Método científico Experimentación | Los experimentos no son la única ruta hacia el conocimiento |



| | | | |
|--|--|---|---|
| 07. Precisión e incertidumbre | Idealización Precisión | Idealización | |
| 08. Razonamiento lógico | Elección de teorías y racionalidad | Elección de teorías y racionalidad Explicación | Pruebas inductivas, racionales e hipotético-deductivas |
| 09. Suposiciones de la ciencia | Novedad Matematización | Dependencia de la teoría Matematización | Ningún método científico Elemento subjetivo (carga de la teoría) |
| 10. Estatus epistemológico | Cuestiones del mundo natural basadas en evidencias empíricas | | La ciencia no puede responder todo |
| 11. Paradigmas y coherencia de conceptos | | Realismo y constructivismo | Ciencia normal y revoluciones |

Algunas etiquetas y citas se han abreviado por las limitaciones de espacio para una mejor presentación.

* Elaboración por de los autores del marco de referencia VOSTS (Aikenhead y Ryan, 1992).