

Interdisciplinariedad y conceptos nómadas en didáctica de la ciencia: consecuencias para la investigación

Ángel Vázquez-Alonso ¹, María-Antonia Manassero-Mas ²

Universidad de las Islas Baleares, Centro de Estudios de Posgrado, Palma de Mallorca, España.

¹angel.vazquez@uib.es, ² ma.manassero@uib.es

[Recibido en febrero de 2016, aceptado en septiembre de 2016]

Desde la didáctica de la ciencia (DC) se reflexiona sobre la gran expansión experimentada por esta didáctica específica en los últimos años, a expensas de su creciente interdisciplinariedad. La expansión ha supuesto la incorporación de múltiples conceptos nómadas (tesis de la emigración conceptual) que han ampliado la matriz disciplinar tradicional hacia una matriz más interdisciplinar. Los datos de congresos punteros de la DC permiten constatar empíricamente la tesis de la emigración conceptual, principalmente, desde la psicología y pedagogía. La investigación en DC debería reconocer la investigación original en esas áreas como fuentes primarias para DC, pero dos sesgos muy extendidos en la investigación operan en su contra: la preferencia por la auto-citación endogámica y el olvido de las fuentes originales. Como ejemplo paradigmático se plantea el meta-análisis de Hattie sobre el aprendizaje visible, que clasifica numerosas variables psicológicas y pedagógicas según su impacto sobre el aprendizaje (tesis de la fundamentación interdisciplinar). Se concluye que las nuevas disciplinas nodrizas de la DC (psicología y pedagogía) deben reconocerse como fundamentos ineludibles para la investigación y formación del profesorado en DC; para ello, la DC debe asumir su interdisciplinariedad, corregir la endogamia auto-referencial y fundamentar los conceptos interdisciplinares en las fuentes primarias originales (psicológicas o pedagógicas), para eliminar el riesgo de “reinventar la rueda” o deformar los nuevos conceptos en la DC y promover una investigación en DC más coherente con las fuentes primarias y mejor en calidad y cantidad.

Palabras clave: Educación científica; enseñanza y aprendizaje de la ciencia; investigación didáctica; interdisciplinariedad; conceptos nómadas.

Interdisciplinary and nomadic concepts in science teaching: Implications for research

This paper reflects on the huge expansion of science education research in recent years, at the expense of its increasingly interdisciplinary. The expansion involved the addition of multiple nomad concepts (thesis of conceptual migration), which have extended the traditional disciplinary matrix towards a more and more interdisciplinary one. The data drawn from main science education international congresses allow empirically confirming the thesis of conceptual migration, mainly from psychology and pedagogy. Research on science education should recognize the original research in these areas as a primary source for science education. However, two widely-spread biases within research act against it: the preference to inbreeding self-citation and to neglect the other areas as original sources. Further, Hattie's paradigmatic meta-analysis on visible learning that discriminates the psychological and educational variables according to their impact on learning (thesis of interdisciplinary foundation) is analysed. The conclusions suggest that the new provider disciplines (psychology and pedagogy) should be recognised as necessary foundation for research and teacher training in science education. To this aim, science education research must assume its interdisciplinary, correct its self-referential inbreeding, and funding interdisciplinary concepts in the (psychological or pedagogical) original primary sources, to avoid the risk of "reinventing the wheel" or deforming the new concepts in science education, and to promote a science education research more coherent with the primary sources and attaining better quality and quantity.

Keywords: Science education, science teaching and learning, educational research, interdisciplinary, nomadic concepts.

Para citar este artículo: Vázquez-Alonso Á., Manassero-Mas M.A. (2017) Interdisciplinariedad y conceptos nómadas en didáctica de la ciencia: consecuencias para la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (1), 24-37. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18844>

Una controversia nominalista básica ¿la ciencia o las ciencias?

El caso de la controversia sobre la etiqueta más apropiada “ciencia” o “ciencias” para describir esa cosa llamada ciencia es importante para la investigación en DC (Chalmers 2000). La denominación ciencia en singular enfatiza la unidad de la ciencia, por encima de las potenciales diferencias entre disciplinas (física, química, biología, geología, astronomía, etc.). El plural

(ciencias) enfatiza la diversidad interna y las diferencias tangibles en temas y prácticas científicas, conviviendo con métodos y suposiciones comunes.

Esta controversia puede resolverse acudiendo a heurísticos simples, que reconocen, a la vez, unidad y diversidad. Un heurístico recurre al concepto wittgensteiniano del “parecido familiar”, que parte de aceptar la limitación que no todos los conceptos pueden ser definidos con precisión en su naturaleza o esencia. El parecido familiar se basa en la analogía entre hermanos: aunque son personas diferentes (diversidad), también muestran rasgos compartidos que los hacen parecidos (unidad).

Esta metáfora ha sido aplicada por Irzik y Nolak (2014) y Erduran y Dagher (2014) a una reconceptualización de la naturaleza de la ciencia, que disuelve la controversia proponiendo dos grandes dimensiones para estructurar la familia ciencia: cognitivo-epistémica e institucional-social. Las distintas disciplinas científicas comparten algunos rasgos (parecido familiar), pero no todos, de modo que las disciplinas pertenecen al concepto ciencia.

Otra explicación con la misma conclusión podría basarse en la analogía de los tres mundos, sugerida por Popper para describir la ciencia, como actividad humana orientada a la creación de conocimiento válido: la naturaleza (mundo 1), los estados mentales y cogniciones de los científicos (mundo 2) y el conocimiento creado (mundo 3). Las múltiples y variadas interacciones entre los tres, dan lugar a la diversidad observada en la ciencia. Los compartidos objetivos de conocimiento, valores, comunicación científica, métodos y reglas metodológicas darían lugar a la unidad de la ciencia (Vázquez 2014).

En suma, los razonamientos anteriores aplican un principio de complementariedad que conforma la ciencia como integración de unidad y diversidad y permite decidir razonablemente acerca de la inclusión de una disciplina como ciencia y superar la polémica.

La didáctica de las ciencias (DC) como disciplina

Las disciplinas nacen como modos de estudiar la realidad, y se estructuran según las exigencias de esa realidad en el contexto social-cultural, desarrollando un conjunto característico de reglas, principios, instrumentos, modelos, normas culturales, supuestos, prácticas, instituciones etc. que constituyen su matriz disciplinar (Fourez 1994).

Una visión ingenua y reduccionista de las disciplinas científicas, especialmente en los libros de texto escolares, ha tendido a caracterizarlas por su objeto de estudio (p.e. la física estudia fenómenos físicos, como la electricidad). Aunque esta caracterización es útil por su simplicidad, no lo es tanto porque transmite un énfasis único en la diferencia de temas, en detrimento de las matrices (p.e. normas, supuestos, valores, reglas, etc.), y porque ingenuamente olvida la historia epistemológica, lo cual problematiza la ubicación de temas fronterizos. P.e. en su origen, la mecánica cuántica fue parte de la física, pero sus múltiples desarrollos pronto la hicieron transversal a química y biología.

Aunque el nacimiento de la DC se remonta al siglo XIX, la mayoría de especialistas convienen en ubicar su institucionalización en la segunda mitad del siglo XX, como consecuencia de la renovación de los programas escolares de ciencias emprendida para superar el sentimiento de inferioridad provocado por el Sputnik (1957) y satisfacer la demanda de científicos y técnicos (Jenkins 2001). Diversos estudios han caracterizado la matriz disciplinar de la DC como definida y autónoma (Adúriz-Bravo e Izquierdo 2002), racional (Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo 1989), específica (Gil, Carrascosa y Terrades 2000), de investigación educativa orientada a promover la mejora de la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos científicos y relacionada con otras disciplinas afines (de Jong 2007).

La historia de la disciplina se completa con el desarrollo de su dimensión institucional y social: universidades, grupos, asociaciones, redes, laboratorios, publicaciones (libros, revistas, etc.), programas, proyectos, investigación competitiva, congresos, etc. (Porlán 1998).

El paradigma tradicional de la investigación en DC

Este estudio sostiene que, en los últimos lustros, la investigación en DC ha experimentado un cambio de paradigma, debido a la extensión de sus temas y contenidos hacia otras disciplinas, o en otras palabras, a la importación de conceptos propios de otras disciplinas. Más específicamente, se plantea que este cambio privilegia la contribución interdisciplinaria psicológica y pedagógica.

Para justificar ese cambio es necesario fijar el punto de partida o paradigma tradicional, a partir del cual se ha producido la expansión. El paradigma dominante hace unos años en DC se caracterizaba por ser disciplinar y específico. Disciplinar, porque los temas investigados tenían una incardinación definida en una disciplina científica (física, química, biología, etc.). Específico, porque estaba centrado en la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos científicos específicos (hechos, leyes, modelos, teorías y procesos), que se han denominado los contenidos tradicionales de los currículos (Jenkins 2001).

La investigación se centra en conceptos específicos disciplinares (fuerza, energía, reacción, herencia, volcanes, etc.) y también ha estado asociada, mayoritariamente con el paradigma de aprendizaje constructivista, caracterizado por el cambio conceptual, el diagnóstico de preconcepciones y el aprendizaje mediante “conflictos cognitivos” (Clement 1993; Driver y Easley 1978; Posner, Strike, Hewson y Gertzog 1982). Los resultados de la investigación han desarrollado exhaustivos inventarios de concepciones alternativas en ciencias (Duit 2006; Pfund y Duit 1991) y muchos otros productos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de contenidos disciplinares. Este programa de investigación disciplinar y específico ha disminuido sensiblemente en los últimos años en DC (Duschl y Gitomer 1991; Duit y Treagust 2003), pero aún se mantiene en psicología cognitiva (Vosniadou 2008).

El relativo fracaso empírico de las diversas propuestas de cambio conceptual y la creciente consideración de los aspectos sociales y afectivos del aprendizaje desarrollaron otras orientaciones constructivistas, de fundamentos más amplios y globales (epistemológicos, psicológicos y cognitivos). Fensham (1992, p. 801) reconocía que “la influencia psicológica más conspicua sobre el currículo científico desde 1980 ha sido la perspectiva constructivista del aprendizaje”.

El constructivismo proporciona el primer gran ejemplo de la tesis de la emigración conceptual interdisciplinaria que pretende elaborar este estudio.

El constructivismo comenzó como una teoría psicológica del aprendizaje, pero ha ido creciendo hasta acabar en educación como una “teoría del todo” (de la enseñanza, del aprendizaje y del conocimiento). Debido a esta globalización, los especialistas constatan la existencia de múltiples formas de constructivismo (psicológico, social, filosófico, pedagógico, etc.), que, obviamente, conducen a múltiples propuestas y consecuencias educativas, que han recibido importantes críticas y cuya diferenciación es esencial para que el constructivismo sea productivo para la DC (Matthews 2002).

El constructivismo psicológico más radical (von Glasersfeld 1995) sostiene que el conocimiento es construido por una mente humana, y solo puede ser contrastado con otro conocimiento, no con la naturaleza misma; consecuencia relativista: el mundo real resulta incognoscible. Por otro lado, el constructivismo social sostiene que el conocimiento es

determinado socialmente: el aprendizaje se construye a través de las interacciones activas con métodos y materiales de enseñanza y las ideas previas propias y de otros; consecuencia: la evidencia (empírica) es insuficiente para determinar el conocimiento y los consensos son puramente convencionales (resultado de fuerzas sociales y culturales).

El constructivismo radical y social reemplaza los conceptos de racionalidad, base empírica y conocimiento válido por moda, negociación o consenso (Slezak 2014). Matthews (2002) añade otros defectos: confusión entre conocimiento y creencias y entre evidencia empírica y experiencia personal de la realidad, fracaso de la investigación sobre concepciones alternativas para definir una metodología de enseñanza efectiva, sofisticada terminología post-moderna, tan innecesaria como confusa para referir sucesos sencillos, etc.

En suma, el constructivismo aporta a la DC la importancia de ideas y aprendizajes previos y la dimensión social y humana del conocimiento científico (falible, impregnado social y culturalmente, determinado por paradigmas dominantes en la historia, etc.); sin embargo, sus formas más radicales son incompatibles con una epistemología no relativista (fundamentación empírica del conocimiento) y serían inaplicables en DC porque contradicen sus bases pedagógicas y epistemológicas actualmente admitidas (no relativistas).

La expansión interdisciplinar de la DC

La evolución de las disciplinas científicas no tiene una lógica previsible o predeterminada. Los análisis históricos muestran la convivencia de periodos “normales”, donde la matriz disciplinar y el paradigma operan eficazmente sobre la realidad, con periodos “revolucionarios”, donde la ineficacia de algunos elementos cuestiona la matriz y pueden producir rupturas epistemológicas (Bachelard 1971) o revoluciones paradigmáticas (Kuhn 1962).

Aunque esta visión no está libre de críticas, ofrece una aproximación valiosa a la forma en que la revalorización de diversos componentes del paradigma (empíricos, cognitivos, psicológicos, sociales, culturales, etc.) afecta a la evolución de cada disciplina. En el período paradigmático, los problemas se definen y enfocan dentro de la matriz disciplinar, aunque se requiere una continua traducción de las preguntas y demandas a los términos paradigmáticos y viceversa; cuando este proceso traductor encuentra problemas insalvables o insolubles, la disciplina enfrenta la posibilidad de una evolución, ruptura o cambio revolucionario (Fourez 1994).

El surgimiento y la implantación de un paradigma interdisciplinar nuevo no es acumulativo o lineal, pero tampoco necesariamente brusco, sino que en muchos casos ofrece una evolución progresiva, donde cierto tiempo conviven programas de investigación propios del paradigma viejo y del nuevo. Por ello, los efectos netos de la evolución solo son perceptibles al cabo del tiempo: los programas de investigación del viejo paradigma van decreciendo en cantidad e importancia, mientras los nuevos proliferan y se extienden. Este es el marco donde se pretende justificar la tesis de la expansión interdisciplinar de la investigación en DC, desde la matriz disciplinar tradicional (centrada en enseñanza y aprendizaje de temas disciplinares), hacia un paradigma más interdisciplinar, aunque diversos elementos del paradigma tradicional todavía subsisten y son apreciados. P.e. el reciente manual en tres volúmenes editado por Matthews (2014), con más de 2500 páginas y 76 capítulos dedicados a la investigación didáctica con énfasis en la historia, la filosofía y la enseñanza de la ciencia, todavía dedica la tercera parte de su extensión a estudios disciplinares de física, química, biología, ecología, geología, astronomía, cosmología y matemáticas (p.e. la parte de física contiene seis capítulos sobre péndulo, mecánica, óptica, electricidad, relatividad y cuántica).

La interdisciplinariedad como instrumento para afrontar la complejidad

Complementariamente, el manual anterior también sirve como primer ejemplo de la expansión interdisciplinar: dos terceras partes de sus contenidos se refieren a aspectos interdisciplinares de la enseñanza de la ciencia, relacionados principalmente con historia, filosofía y sociología de la ciencia (Vesterinen, Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2014).

En general, la interdisciplinariedad surge al tratar de resolver problemas complejos que desbordan la matriz disciplinar, y cuya solución requiere importar paradigmas o conceptos de otras disciplinas. La interdisciplinariedad tiene dos enfoques principales. Uno caracterizado por construir un nuevo paradigma, que implica una representación nueva, más adecuada y universal, del problema de investigación y que aporta nuevas perspectivas (nuevo paradigma). Otro que busca la mejor solución al problema con aportaciones de otras disciplinas, sin que éstas pierdan su personalidad propia, ni se cree un nuevo “súper-paradigma”; este enfoque permite clarificar mejor los múltiples intereses implicados (culturales, sociales, políticos o económicos), y también es más realista, porque soluciona problemas complejos, tanto desde el trabajo interdisciplinar como disciplinar (Latour 1992).

La DC, por ser una didáctica específica, se puede considerar intrínsecamente interdisciplinar, porque muchos de los elementos de su matriz paradigmática pertenecen ya a varias disciplinas (psicología, pedagogía, didáctica general, sociología, filosofía, historia, etc.) con las que comparte preguntas, métodos y conocimientos. La interdisciplinariedad intrínseca de DC ya reconoce la existencia “ab initio” de conceptos importados de esas disciplinas, que Stengers (1987) ha denominado “conceptos nómadas” (p.e. enseñanza y aprendizaje son conceptos básicos en la matriz disciplinar de la DC, pero son nómadas, porque ya estaban acuñados en otras disciplinas).

La interdisciplinariedad como expansión, debida a la importación de nuevos conceptos nómadas, aparece hoy como una característica general de las prácticas en DC. En efecto, en las actuales sociedades del conocimiento, los aspectos cognitivos, epistemológicos, sociales, culturales y políticos de los saberes circulan sin fronteras, a gran velocidad, con dinámica propia, en la sociedad y en las comunidades de prácticas científicas especializadas. La historia de las ciencias, duras y blandas, naturales o humanas, demuestra insistentemente que el trasvase de saberes, conceptos y métodos entre disciplinas, es decir, la nomadización, es un hecho constitutivo del conocimiento posmoderno (Stengers 1987).

El concepto nómada no modifica su naturaleza constitutiva, pero innova la orientación y el desarrollo de la disciplina receptora, pues le aporta metáforas y elementos extrínsecos y nuevos. Por ello, la nomadización intensifica la interdisciplinariedad natural de la DC, porque amplía su matriz disciplinar y le aporta resultados eficaces y productivos (Fourez 1994). P.e. en física el protón es una partícula nuclear, mientras en química esa misma realidad se describe como H^+ y se relaciona con la acidez.

Una aproximación empírica a la nueva interdisciplinariedad

Interdisciplinariedad e inclusión de conceptos nómadas son, pues, rasgos concomitantes. Los conceptos nómadas importados por la DC constituyen hitos de la creciente interdisciplinariedad e innovación de su paradigma tradicional. En los últimos lustros es perceptible un incremento de investigaciones en DC centradas en los nuevos conceptos, cuyo origen está fuera del ámbito de la DC, afirmación que puede fundamentarse en el análisis bibliométrico de publicaciones de DC.

Las limitaciones de espacio impiden una cuantificación bibliométrica exhaustiva. En su lugar, se elaboran algunos indicadores, conceptos y programas de investigación nómadas significativos, que contribuyen a apoyar empíricamente la tesis de la expansión de la DC con otras disciplinas (tesis de la fundamentación interdisciplinar), a partir del análisis de las líneas y comunicaciones de los prestigiosos congresos recientes de las asociaciones de investigadores en DC europea (ESERA 2015) y americana (NARST, Akerson, Atwater y Kyle 2015), extraídas de sus programas (tabla 1).

En general, las líneas temáticas son prácticamente equivalentes entre ambos congresos; por ello, la tabla 1 muestra sólo las líneas de ESERA2015 porque son más concretas. Los nuevos conceptos interdisciplinares en DC están resaltados en negrita; la emergencia de algunos (p.e. competencias) es anterior a la de otros (p.e. auto-regulación). No obstante, cabe reseñar que las líneas NARST añaden un concepto interdisciplinar (conocimiento didáctico del contenido) no incluido en las líneas ESERA.

A partir de los conceptos interdisciplinares señalados en la redacción de las líneas de los congresos (tabla 1), se ha profundizado el análisis sobre la presencia de estos y otros conceptos nuevos en los títulos de las comunicaciones reseñadas en los dos libros de actas de ambos congresos, cuantificando en términos de frecuencias de aparición de los conceptos interdisciplinares o nómadas (tabla 2).

A partir de los títulos de las comunicaciones presentadas, los conceptos interdisciplinares o nómadas se han identificado buscando la raíz común de cada palabra correspondiente a esos conceptos, para incluir todas sus posibles formas sintácticas (singular, plural, adjetivos, formas verbales etc.) P.e. la búsqueda de modelos toma la raíz “model-“. Para evitar listas interminables, algunos conceptos cuyas frecuencias son muy bajas y testimoniales (p.e. liderazgo, emprendeduría, etc.) no se incluyen en la tabla 2 por la limitación obvia de espacio.

Los resultados se presentan en la segunda columna de la tabla 2 en negrita y agrupados por disciplina fuente (psicología, didáctica general, metodología, historia, filosofía, sociología, evaluación y formación del profesorado). La disciplina fuente es aquella donde se alumbró el concepto, aunque puede que hoy no sea la disciplina donde su uso sea más frecuente (p.e. “creencias” se usa actualmente con profusión en formación del profesorado, pero su fuente original es la psicología).

Por otro lado, algunos conceptos interdisciplinares emplean diferentes denominaciones en la literatura, aunque semánticamente sean equivalentes (p.e. afectividad y emociones). En estos casos, la búsqueda usa las diversas palabras equivalentes, cuyas frecuencias se presentan separadas por una barra (tabla 2).

Además, la interpretación de los resultados de la tabla 2 debe tener como referencia algunos parámetros relevantes de contexto, como el número total de comunicaciones, que se sitúa en torno a mil en NARST y más de 1200 en ESERA.

Globalmente, el número total de frecuencias de conceptos interdisciplinares contabilizados en títulos de comunicaciones es 941 en NARST y mayor aún en ESERA (1076). Estas cuantificaciones globales sugieren que el promedio de los conceptos interdisciplinares localizados es próximo a la unidad, es decir, que, en promedio, los conceptos interdisciplinares aparecen en los títulos de casi todas las comunicaciones. Este indicador empírico evalúa la gran penetración alcanzada por conceptos nómadas interdisciplinares en DC y constituye una primera confirmación de la tesis de la fundamentación interdisciplinar para la DC, aunque esta realidad debe minorarse porque algunos títulos contienen más de un concepto interdisciplinar.

Tabla 1. Líneas básicas de los congresos internacionales NARST (cursiva) y ESERA 2015 (los conceptos interdisciplinarios resaltados en negrita).

ESERA 2015	ESERA 2015	NARST 2015
1. Aprendizaje de la ciencia: comprensión conceptual	Teorías, ... sobre la comprensión conceptual, el cambio conceptual y el desarrollo de competencias ; metodología... ...estrategias para promover el desarrollo conceptual .	<i>Aprendizaje de la ciencia: Comprensión y Cambio Conceptual</i>
2. La ciencia de aprendizaje: aspectos cognitivos, afectivos y sociales	Dimensiones cognitivas, afectivas y sociales en el aprendizaje de la ciencia. Diseño dentro de la escuela ambientes de aprendizaje extra-escolares... Construcción colaborativa del conocimiento.	<i>Aprendizaje de la ciencia: Contextos, Características e Interacciones</i>
3. Los procesos de enseñanza de las ciencias	Las relaciones entre las prácticas de enseñanza y el desarrollo cognitivo y afectivo de los estudiantes, el diseño de las intervenciones de enseñanza...	
4. Recursos digitales para la enseñanza de la ciencia y el aprendizaje	Diseño, evaluación y caracterización de los recursos y entornos para la enseñanza/aprendizaje de las ciencias.... La autorregulación , la reflexión y la colaboración en entornos digitales de aprendizaje.	<i>Tecnología Educativa</i>
5. Secuencias de enseñanza aprendizaje como innovaciones para enseñar y aprender ciencias	Diseño de materiales de enseñanza y aprendizaje. Aplicación en el aula, el refinamiento y la evaluación de las secuencias de enseñanza...	
6. Naturaleza de la ciencia: la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia	Las implicaciones de la naturaleza de la ciencia, la historia , la filosofía , la sociología y la epistemología de la educación científica. La importancia de los modelos y modelos para la educación científica que se refleja en la importancia especial que se adjunta al uso de metáforas, analogía , visualización, simulaciones y animaciones en la ciencia.	<i>Historia, Filosofía y Sociología de la Ciencia</i>
7. Discurso y argumentación en la educación científica	La comprensión, el apoyo y la promoción del uso de la evidencia y la argumentación del discurso en la educación científica. ...Apoyar el desarrollo del pensamiento crítico . Análisis del discurso Significado de decisiones en las clases de ciencia. <i>Investigación docente, la investigación-acción, prácticas de auto-estudio, y la educación transformadora.</i>	<i>Práctica Reflexiva</i>
8. El conocimiento científico y las cuestiones socio-científicas	La enseñanza sobre la alfabetización científica, la educación científica y la ciudadanía,... y el pensamiento crítico, toma de decisiones, debates sobre temas socio-científico (SSI), comunidades discursivas, dimensión social de las prácticas de la ciencia y tecno-científicas, la participación del público en la ciencia,	
9. Ambiente, salud y educación científica al aire libre	Educación Ecológica y Ambiental, Educación para el Desarrollo Sostenible... Estilos de vida y las actitudes hacia la salud y el medio ambiente. ...	<i>Educación Ambiental</i>
10. Currículo de ciencias y política educativa	Desarrollo curricular . Implementación de la reforma, la difusión y la evaluación . Estudios comparativos internacionales como TIMSS y PISA...	<i>Política</i>
11. Evaluación y calificación del aprendizaje y desarrollo de los estudiantes	Desarrollo, validación y uso de pruebas estandarizadas , pruebas de rendimiento, pruebas de alto nivel y los instrumentos de medición de actitudes, intereses , creencias de auto-eficacia , las habilidades de proceso científico, interpretaciones conceptuales, etc.; evaluación auténtica , la evaluación formativa , la evaluación sumativa ;...	<i>Currículo, Evaluación y Calificación</i>

Tabla 1. Continuación.

ESERA 2015	ESERA 2015	NARST 2015
12. Las cuestiones sociales, culturales y de género en la educación en ciencias y tecnología	Equidad y diversidad: cuestiones, estudios socioculturales, multicultural, bilingüe, raciales/étnicos de equidad de género y la educación científica para las necesidades especiales .	<i>Cuestiones Culturales, Sociales y Género</i>
13. La formación del profesorado de ciencias Pre-Servicio (inicial)	Conocimiento profesional de los docentes, la preparación inicial de los docentes, los métodos de enseñanza en la educación previa al servicio docente...	<i>La formación del profesorado de ciencias Pre-Servicio (inicial)</i>
14. La formación permanente del profesorado de ciencias, desarrollo profesional continuo	...métodos, innovación y reforma en el desarrollo profesional ; evaluación de las prácticas de desarrollo profesional, la práctica reflexiva , profesores como investigadores y la investigación-acción .	<i>La formación continua del profesorado de ciencias</i>
	<i>El aprendizaje y la enseñanza en museos, escenarios al aire libre, programas comunitarios, medios de comunicación y los programas después de la escuela.</i>	<i>Aprendizaje de la Ciencia en contextos informales</i>

Estos resultados se han contrastado con la cuantificación de la presencia de conceptos sobre el aprendizaje más tradicionales en DC. Las frecuencias en NARST/ESERA para cambio conceptual (4/4), constructivismo (1/2), conocimientos previos (2/3) o concepciones alternativas (1/0) son muy bajas, si se comparan con los conceptos interdisciplinarios (tabla 2). Esta diferencia es aún más valiosa si se considera que la primera línea conductora tanto de NARST como ESERA incluye explícita la denominación de cambio conceptual. Las bajas frecuencias de estos conceptos más tradicionales sugieren una cierta relegación como programa de investigación prioritario en DC actualmente.

Otro dato que ayuda a contextualizar la importancia de las frecuencias (tabla 2) es la existencia de comunicaciones cuyos títulos (genéricos, neutrales o tradicionales) no aportan conceptos nuevos; p.e. “orientaciones hacia la enseñanza de los estudiantes en formación para profesores de ciencias”, o “investigando la comprensión conceptual de los estudiantes mediante la resolución de problemas de cinemática”. En consecuencia, la existencia de comunicaciones que no aportan ningún concepto nuevo aporta un valor añadido a las frecuencias de la tabla 2.

Conceptos interdisciplinarios nómadas más relevantes

El concepto nómada más frecuente encontrado es la práctica. Obviamente, práctica es un concepto ampliamente polisémico, ya que puede englobar muchos tipos de práctica: práctica educativa, prácticas de aprendizaje, prácticas de laboratorio, práctica científica, trabajos prácticos, práctica docente, práctica ingenieril, prácticum del profesorado, etc. En NARST ocupa el primer lugar (n=140) y en ESERA el cuarto (n=81). Por tanto, las múltiples formas de la práctica educativa dominan los programas de investigación en DC, importancia que viene refrendada por el reciente monográfico en Science Education sobre el tema (Erduran 2015).

Tabla 2. Frecuencias de aparición de algunos conceptos nómadas interdisciplinares en los títulos de comunicaciones recogidas en los programas detallados de ESERA y NARST 2015.

Disciplina fuente	Conceptos nómadas	NARST 2015	ESERA 2015
Psicología	Cogniciones	8	38
	Creencias	29	16
	Afectivo/emociones	3/3	10/9
	Actitudes	18	39
	Intereses	31	23
	Debates, controversias	7	11
	Auto-eficacia	14	12/5
	Auto-concepto	2	1
	Pensamiento crítico	0	6
	Toma de decisiones	10	4
	Argumentación	40	47
	Razonamiento	33	3
	Meta-cognición/Otros meta-	2/5	13/14
	Auto-regulación	5	2
	Reflexión, práctica reflexiva	21	18
Competencias/ destrezas/habilidades	10/10/12	31/36/37	
Didáctica general	Desarrollo curricular	41	44
	Secuencias de enseñanza	0	17
	Desarrollo conceptual	0	1
	Prácticas	140	81
	Progresiones de enseñanza	12	24
Metodología educativa	Simulaciones/animaciones	6/1	12/5
	Metáforas/analogías	2/1	3/1
	Modelos	73	93
	Ambientes extra-escolares, informales	37	22
	Discurso	22	23
	Necesidades especiales	1	0
	Investigación-acción	3	1
Historia	Historia de la ciencia	0	9
Filosofía	Epistemología de la ciencia	22	26
	Naturaleza de la ciencia	16	30
Sociología	Temas socio-científicos	16	32
	Estudios socioculturales	2	3
	Colaboración, cooperación	28	25
	Comunidad	16	22
	Participación	10	8
	Multiculturalismo	2	4
	Género	10	16
	Rasgos étnicos/raciales	7	2
	Bilingüismo	1	3
	Equidad y diversidad	10	7
Evaluación (assessment)	Evaluación	91	86
	Evaluación formativa	7	16
	Evaluación sumativa	0	0
	Tests	8	1

Tabla 2. Continuación.

Disciplina fuente	Conceptos nómadas	NARST 2015	ESERA 2015
Profesorado	Conocimiento profesional docente	2	9
	Preparación inicial de los docentes	38	5
	Formación permanente del profesorado	3	11
	Desarrollo profesional	32	42
	Profesores como investigadores	0	1
	Conocimiento didáctico del contenido (CDC, PCK)	18	16

El segundo concepto interdisciplinar en importancia global en ambos congresos ($n=177$) es la evaluación, con frecuencias similares en NARST y ESERA. La primacía de la evaluación es aún más relevante en perspectiva: el manual de Fraser y Tobin (1998) - 72 capítulos y más de 1200 páginas totales - dedicaba a la evaluación apenas cinco capítulos y 100 páginas (8%). Los programas de investigación con referencia a la evaluación se sitúan hoy entre los más importantes (segunda posición en NARST y tercera en ESERA).

El concepto modelo ocupa el tercer lugar en frecuencia global (166) y el paquete conceptual competencias-destrezas-habilidades se coloca en cuarto lugar ($n=136$). Modelos y competencias son más frecuentes en ESERA que en NARST, pero mientras la diferencia es pequeña en el primero (modelos), la frecuencia en ESERA del segundo (competencias) casi triplica NARST.

Los siguientes conceptos interdisciplinares ($n>40$) se sitúan en el siguiente orden de importancia decreciente: argumentación, desarrollo curricular, desarrollo profesional, ambientes extra-escolares e informales, actitudes, intereses, cooperación, epistemología, temas socio-científicos, naturaleza de la ciencia, cogniciones, creencias, discurso y preparación inicial de los docentes.

Otro aspecto contextual relevante se refiere a las diferencias entre ambos congresos, algunas ya mencionadas. Ambos congresos son internacionales, pues asisten investigadores de todo el mundo, pero la mayoría en NARST procede de América, mientras la mayoría en ESERA corresponde a Europa. Tomando como criterio diferencias de frecuencias superiores a 19, NARST supera a ESERA en los conceptos razonamiento (+30), preparación inicial de los docentes (+33) y prácticas (+59); ESERA supera a NARST en los conceptos meta-cognición (+20), cogniciones (+30), actitudes (+21), modelos (+20) y competencias (+72).

El marco general de la investigación educativa para los conceptos

La investigación es, sin duda, el mejor instrumento para probar la eficacia de las diversas prácticas educativas, identificar las mejores y para quién y cómo funcionan mejor. Paradójicamente, el actual alud de información y evidencias contribuye a generar un sentimiento de impotencia creciente para discriminar con objetividad la eficacia de las intervenciones (Fernández-Enguita 2014).

Para contribuir a discriminar y sistematizar mejor los efectos sobre el aprendizaje de estudios muy diversos, los investigadores producen estudios meta-analíticos desarrollados con el mismo criterio y estadísticos apropiados (usualmente el tamaño del efecto). Carpenter (2000) propuso 361 buenas ideas educativas como síntesis de la investigación realizada en la década anterior y la red de profesores basados en pruebas (EBTN 2012) identificó más de 900 meta-análisis realizados sobre logros educativos.

El estudio de Hattie (2009) trata de ordenar la multiplicidad de resultados y evaluar la eficacia de conceptos de diferentes disciplinas educativas, sintetizando más de 800 meta-análisis, que comprenden más de 50.000 estudios y miden efectos de 150.000 variables sobre millones de alumnos. Aunque la mayoría de estudios obtienen efectos positivos, Hattie ordena la eficacia de miles de variables educativas mediante la evaluación exigente con el tamaño del efecto para proponer 43 atributos que caracterizarían una práctica de enseñanza y aprendizaje de éxito (Hattie 2012).

Los atributos con un efecto de excelencia creciente sobre el aprendizaje ($d > .60$) son: enseñanza por resolución de problemas, evitar el etiquetado de los estudiantes, desarrollo profesional, auto-instrucciones y auto-preguntas, estrategias meta-cognitivas, prácticas espaciadas, relaciones estudiante-profesor, realimentación al estudiante, claridad del profesor, micro-enseñanza, evaluación formativa, programas piagetianos ($d = 1.28$) y calificaciones auto-informadas ($d = 1.44$).

En la zona de efectos grandes ($.40 < d < .60$) se encuentran las siguientes variables (entre otras): programas de destrezas sociales, programas de ciencias y matemáticas, aprendizaje cooperativo, auto-concepto, expectativas, metodología de preguntas, motivación, implicación y persistencia, aprendizaje en pequeños grupos, elección de diversos programas, implicación familiar, métodos de video interactivos, gestión de la clase, influencias de los compañeros, aprendizajes orientados al dominio, cooperación, tutoría entre iguales, objetivos desafiantes, mapas conceptuales, trabajo con ejemplos, programas de comprensión y métodos de estudio.

En el extremo límite de los efectos importantes ($.34 < d < .40$) encontramos variables educativas como exámenes frecuentes, creatividad, programas artísticos y teatrales, actitudes hacia la ciencia, directores escolares, programas bilingües, enseñanza asistida por ordenador o programas de currículos integrados.

En resumen, Hattie pone un contrapunto cuantitativo acerca de la eficacia de diferentes variables, que puede constituir una guía para la investigación sobre los conceptos nómadas más significativos en DC.

Implicaciones para la investigación

Los resultados presentados permiten afirmar que la evolución expansiva del paradigma tradicional de la investigación en DC ha alumbrado un paradigma nuevo, más interdisciplinar y general, cuya innovación es la importación de conceptos nómadas de otras disciplinas (tesis de la emigración conceptual). Estos conceptos provienen, principalmente, de la pedagogía y didáctica general (evaluación, desarrollo curricular, cooperación, ambientes extra-escolares e informales y preparación inicial de los docentes), la psicología (competencias, destrezas, argumentación, desarrollo profesional, actitudes, intereses, cogniciones, creencias y discurso), y también de la historia, la filosofía (modelos, epistemología, naturaleza de la ciencia) y la sociología de la ciencia (prácticas, temas socio-científicos).

La expansión de la matriz disciplinar de DC, causada por la interdisciplinariedad de los conceptos innovadores, plantea nuevos problemas a la DC, que deben afrontarse para evitar caer en errores (tesis de la fundamentación interdisciplinar). Un error, perceptible ya hoy, es la endogamia auto-referencial, es decir, la tendencia de la investigación en DC a citar como fundamentación de los conceptos nómadas importados, las referencias secundarias sobre esos conceptos generadas en DC, en lugar de acudir a las fuentes primarias originales de estos conceptos. La endogamia puede verificarse mediante simple consulta de artículos con conceptos nómadas: la mayoría de citas son de fuentes secundarias y las primarias suelen estar ausentes o escasamente citadas. La endogamia auto-referencial debe evitarse para cumplir la

norma básica de la comunicación científica (dar crédito a las fuentes primarias), pero sobre todo, porque este incumplimiento puede inducir dos nuevos errores: volver a inventar la rueda y deformar los conceptos interdisciplinares.

Con el heurístico “inventar la rueda” se quiere significar el sesgo de considerar originales resultados de investigación que ya han sido publicados en fuentes primarias; al ignorarlas, se corre el riesgo de atribuir originalidad a resultados que son simples réplicas de algo ya reconocido (o peor, sostener resultados ya falsados). Por otro lado, usar fuentes secundarias para conceptos interdisciplinares incrementa la probabilidad de deformar los conceptos originales; en efecto, ignorar las fuentes primarias puede sesgar la fidelidad y exactitud con el original y favorecer cadenas de sucesivas deformaciones que acaben por hacer irreconocible el concepto (falta de equivalencia semántica con original), o confundirlo con otro concepto, próximo, pero diferente (p.e. creencia, actitud, opinión, valor; emoción primaria, emoción secundaria, sentimientos, rasgos de carácter, etc.).

En suma, en el nuevo paradigma creado por su extensión interdisciplinar, la DC usa conceptos nómadas de otras disciplinas para potenciar su eficacia. Pero debe asumir su fundamentación en las fuentes primarias originales de cada concepto, acreditándolos mediante la cita de fuentes primarias, para evitar los sesgos de falsa originalidad, deformación o confusión. En particular, los resultados del aprendizaje visible (Hattie 2012) complementan la información sobre la eficacia para el aprendizaje de muchos de esos conceptos; la investigación en DC debe considerar esa información como guía de investigación, como ayuda para corregir la endogamia auto-referencial y fundamentar mejor los conceptos nómadas en las fuentes interdisciplinares primarias (psicológicas o pedagógicas), y en definitiva, para promover una investigación más coherente y de mayor calidad.

Agradecimientos

Ministerio de Economía y Competitividad, Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad, ayuda EDU2015-64642-R.

Referencias

- Adúriz-Bravo A., Izquierdo M. (2002) Acerca de la DC como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 1(3).
- Aliberas J., Gutiérrez R., Izquierdo M. (1989) La DC: una empresa racional. *Enseñanza de las Ciencias* 7(3), 277-284.
- Akerson V.L., Atwater M., Kyle W.C., Jr. (Eds.) (2015) *NARST Annual International Conference Program Book*. Chicago: Routledge. Recuperado de: https://www.narst.org/annualconference/2015_final_program.pdf
- Bachelard G. (1971) *Le nouvel esprit scientifique*. París: PUF.
- Carpenter W.A. (2000) Ten years of silver bullets: Dissenting thoughts on education reform, *Phi Delta Kappan* 81(5), 383-389.
- Chalmers A.F. (2000) *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo Veintiuno.
- Clement J. (1993) Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching* 30(10), 1241-1257.
- De Jong O. (2007) Trends in western science curricula and science education research: a bird's eye view. *Journal of Baltic Science Education* 6(1), 15-22.

- Driver R., Easley J. (1978) Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education* 5, 61-84.
- Duit R. (2006) *Bibliography—STCSE (Students' and Teachers' Conceptions and Science Education)*. Kiel: IPN-Leibniz Institute for Science Education.
- Duit R., Treagust D.F. (2003) Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education* 25, 671-688. DOI:10.1080/09500690305016
- Duschl R.A., Gitomer D.H. (1991) Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching* 28(2), 839-858.
- EBTN, Evidenced Based Teachers Network (2012) *What is evidenced based teaching?* Recuperado de: <http://www.ebten.org.uk/what-is-evidencebased-teaching>.
- Erduran S. (2015) Introduction to the Focus on... Scientific Practices. *Science Education* 99(6), 1023–1025.
- Erduran S., Dagher Z.R. (Eds.) (2014) *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*. Dordrecht: Springer.
- ESERA (2015) *Conference Book*. Helsinki: University of Helsinki. Recuperado de; http://www.esera2015.org/media/ESERA_CONFERENCE_BOOK_web_Revisions.pdf
- Fernández-Enguita M. (2014) De la información al conocimiento... pero en serio. *Participación Educativa* Diciembre, 50-57.
- Fensham P.J. (1992) Science and technology pp. 789–829 en Jackson P. W. (Ed.), *Handbook of Research on Curriculum*. New York: Macmillan.
- Fourez G. (1994) *La construcción del conocimiento científico*. Madrid: Narcea.
- Fraser B.J., Tobin K.G. Eds. (1998) *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gil D., Carrascosa J., Terrades F.M. (2000) Una disciplina emergente y un campo específico de investigación pp. 11-34 en Perales F. J., Cañal P. (Eds.) *Didáctica de la ciencia Experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Hattie J. (2009) *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.
- Hattie J. (2012) *Visible learning for teachers: Maximizing impact on learning*. London: Routledge.
- Irzik G., Nola R. (2014) New Directions for NOS Research pp. 999-1022 en Matthews M. (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Dordrecht: Springer.
- Izquierdo M., Adúriz-Bravo A. (2002) Relaciones de la DC naturales con otras disciplinas científicas pp. 13-22 en Adúriz-Bravo A., Perafán G., Badillo E. (Eds.), *Actualización en Didáctica de la ciencia naturales y las matemáticas*. Bogotá: Magisterio.
- Jenkins E.W. (2001) Friendship and debate: a century of promoting secondary school science. *School Science Review* 82(300), 19-30.
- Kuhn T.S. (1962) *The structure of scientific revolutions*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Latour B. (1992) *Ciencia en acción*. Barcelona: Labor. (v. o. 1987)

- Matthews M. R. (2002) Constructivism and Science Education: A Further Appraisal. *Journal of Science Education and Technology* 11(2), 121-134.
- Matthews M. (Ed.) (2014) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Dordrecht: Springer.
- Pfund H. y Duit R. (Eds.) (1991) *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*. Kiel: IPN-Kiel.
- Porlán R. (1998) Pasado, presente y futuro de la DC. *Enseñanza de las Ciencias* 16(1), 175-185.
- Posner G. J., Strike K. A., Hewson P. W., Gertzog W. A. (1982) Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66(2), 211-227.
- Slezak P. (2014) Appraising Constructivism in Science Education pp. 1023-1055 en Matthews M.R. (ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Dordrecht: Springer.
- Stengers I. (Ed.) (1987) *D'une science à l'autre. Des concepts nomades*. Paris: Seuil.
- Vázquez, A. (2014). Enseñanza, aprendizaje y evaluación en la formación de docentes en educación CTS en el contexto del siglo XXI. *Uni-pluri/versidad Revista* 41, 14(2), 37-49.
- Vesterinen, V-M., Manassero-Mas, M-A. & Vázquez-Alonso. Á. (2014). History, Philosophy, and Sociology of Science and Science- Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. En M. R. Matthews (ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1895-1925). Dordrecht: Springer.
- von Glasersfeld E. (1995) *Radical constructivism: A way of knowing and learning*. Londres: The Falmer Press.
- Vosniadou S. (2008) *International handbook of research on conceptual change*. New York: Routledge.