ENSEÑANZA DE LAS
CIENCIAS
REVISTA DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS
vol. 38, n. 3, noviembre 2020

CONSEJO DE REDACCIÓN

Edelmira Badillo, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • M. Consuelo Domínguez Sales, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, FACULTAT DE MAGISTERI, UNIVERSITAT DE VALÈNCIA • Mercè Izquierdo Aymerich, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • Ángel Blanco López, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PROFESORES E INVESTIGADORES DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES (APICE) • Ceneida Fernández Verdú, DEPARTAMENTO INNOVACIÓN Y FORMACIÓN DIDÁCTICA FACULTAD DE EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD DE ALICANTE • Bernardo Gómez Alfonso, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES MATEMÀTICA, FACULTAT DE MAGISTERIO, UNIVERSITAT DE VALENCIA • José Carrillo Yáñez, UNIVERSIDAD DE HUELVA FACULTAD DE EDUCACIÓN, PSICOLOGÍA Y CIENCIAS DEL DEPORTE DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICAS INTEGRADAS • Susana García Barros, DEPARTAMENTO DE PEDAGOXÍA E DIDÁCTICA UNIVERSIDADE DA CORUÑA • Valentín Gavidia Catalán, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS, UNIVERSITAT DE VALÈNCIA • María José Gil Quílez, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES, UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA • Julià Hinojosa Lobato, DEPARTAMENT D'EDUCACIÓ LINGÜÍSTICA I LITERÀRIA I DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I DE LA MATEMÀTICA, UNIVERSITAT DE BARCELONA • Mercè Junyent Pubill, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • Anna Marbà-Tallada, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • Jordi Solbes Matarredona, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS, UNIVERSITAT DE VALÈNCIA.

DIRECCIÓN CIENTÍFICA (EDITORES)

Conxita Márquez Bargalló, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.

Angel Gutiérrez Rodríguez, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA.

OTROS CONSEJEROS

Edelmira Badillo, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • Digna Couso Lajaron, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • Bernardo Gómez Alfonso, DEPARTAMENT DE DIDÁCTICA DE LES MATEMÁTICA, FACULTAT DE MAGISTERIO, UNIVERSITAT DE VALENCIA • Jordi Solbes Matarredona, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA.

CONSEJO ASESOR

Antonio Cachapuz, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA E TECNOLOGIA EDUCATIVA, UNIVERSIDADE DE AVEIRO • Joan Bach Plaza, DEPARTAMENT DE GEOLOGIA, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • Enrique Banet Hernández, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE MURCIA • Juan Miguel Campanario Larguero, UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y MATEMÁTICAS ÁREA DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES • Leonor Camargo Uribe, DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS. UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL. BOGOTÁ • Pedro Cañal de León, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE SEVILLA • Marcelo de Carvalho Borba, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" (UNESP). RIO CLARO, SAO PAULO • Leonor Colombo de Cudmani, INSTITUTO DE FÍSICA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN • Mariona Espinet Blanch, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • Carles Furió, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA • Andre Giordan, LABORATOIRE DIDACTIQUE ET EPISTÉMOLOGIE DES SCIENCES, UNIVERSIDAD DE GINEBRA • Jenaro Guisasola Aranzabal, ESCUELA DE INGENIERÍA DE GIPUZKOA EN SAN SEBASTIÁN DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA I UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO (UPV/EHU) • Mercè Izquierdo Aymerich, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • María Pilar Jiménez Aleixandre, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES, UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA • José Lillo Beviá, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES, UNIVERSIDAD DE VIGO • Juan Antonio Llorens Molina, DEPARTAMENT DE QUÍMICA, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA • María Mercedes Martínez Aznar, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES FACULTAD DE EDUCACIÓN-CENTRO DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID • Jean Louis Martinand, LIRES, ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE CACHAN • Joaquín Martínez Torregrosa, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES, I.U. DE FÍSICA APLICADA A LAS CIENCIAS Y TECNOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE ALICANTE • Isabel Martins, NÚCLEO DE TECNOLOGIA EDUCACIONAL PARA A SAÚDE, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO • Vicente Mellado Jiménez, FACULTAD DE EDUCACIÓN. DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y DE LAS MATEMÁTICAS. UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA • Marco Antonio Moreira, INSTITUTO DE FÍSICA, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUD • Judit Moschkovich, EDUCATION DEPARTMENT. UNIVERSITY OF CALIFORNIA. SANTA CRUZ, CALIFORNIA • Marcela Párraguez González, INSTITUTO DE MATEMÁTICAS. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO. VALPARAÍSO • Francisco Javier Perales Palacios, DPTO. DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN CAMPUS UNIVERSITARIO DE CARTUJA • Núria Planas, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS MATEMÁTICAS Y DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. CERDAÑOLA DEL VALLÉS, BARCELONA • João Pedro da Ponte, INSTITUTO DE EDUCAÇÃO. UNIVERSIDADE DE LISBOA• Rafael Porlán Ariza, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE SEVILLA • Antonio de Pro Bueno, FACULTAD DE EDUCACIÓN DEPARTAMENTO DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES UNIVERSIDAD DE MURCIA • Lluis Puig Espinosa, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA, UNIVERSITAT DE VALÈNCIA • Luis Radford, ECOLE DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION. UNIVERSITÉ LAURENTIENNE. SUDBURY, ONTARIO • Julia Josefa Salinas Lanciotti, DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN • Neus Sanmartí Puig, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • Luz Manuel Santos Trigo, DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA EDUCATIVA, CINVESTAV. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (IPN). CIUDAD DE MÉXICO • José María Sebastiá Ripoll, DEPARTAMENTO DE FÍSICA, UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR • Jorge Soto Andrade, DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS. UNIVERSIDAD DE CHILE. SANTIAGO DE CHILE • Paola Valero, DEPARTMENT OF MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCTION. STOCKHOLM UNIVERSITY. ESTOCOLMO, SUECIA • Paloma Varela Nieto, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES, UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID • Laurence Viennot, LABORATOIRE DE DIDACTIQUE DE LA PHISIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, UNIVERSITÉ PARIS DIDEROT - PARIS VII

EDICIÓN

Departamentos de: Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas de la Universitat Autònoma de Barcelona, Didáctica de las Matemáticas de la de la Universitat de València, Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universitat de València.

La Revista Enseñanza de las Ciencias es una revista en español, publicada desde 1983. Riguroso sistema ciego de evaluación. Amplia red de revisores científicos. Gestión profesional de los artículos a través de la plataforma OJS. Formato digital on-line. Publica en abierto, el texto completo es accesible de forma gratuita. No cobra a los autores de los artículos publicados.

INDEXACIÓN

CARHUS+	**JCR-WOS SSCI (ISI)**
CIRC	LATINDEX (Catálogo)
DIALNET plus	MathEduc
DICE	MIAR
ERIHPLUS	REBIUM
FECYT	Scimago
Google Scholar	Scopus
IRESIE	

Diseño del interior y maquetación:
Celso Hernández de la Figuera y Gómez

Gestión editorial:
Felipe Corredor Álvarez

Recepción de originales:
http://ensciencias.uab.es/about/submissions#onlineSubmissions

Correo electrónico
r.ensenanza.ciencias@uab.cat

CC-BY: en cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría. Se permite cualquier explotación de la obra, incluyendo una finalidad comercial, así como la creación de obras derivadas, la distribución de las cuales también está permitida sin ninguna restricción.

ISSN (impreso): 0212-4521 e ISSN (digital): 2174-6486
Depósito legal: B-12373-1983

ÍNDICE

EDITORIAL

Nos han dejado tres maestros 5

Estadísticas 13

INVESTIGACIONES DIDÁCTICAS

Las concepciones de docentes universitarios de ciencias sobre los contenidos, *Ana Rivero, Soraya Hamed, Gabriela Delord, Rafael Porlán* 15

Modelizando la relación entre actitud hacia la ciencia y estilos de aprendizaje en Educación Secundaria, *David Aguilera, F. Javier Perales-Palacios* 37

Dificultades en la construcción de los números naturales incluyendo el cero con estudiantes de 6 a 8 años, *María Leticia Rodríguez González, Eugenio Filloy Yagüe, Bernardo Gómez Alfonso* 55

Competencia digital de estudiantes de Secundaria al buscar y seleccionar información sobre ciencia, *Daniel Valverde-Crespo, Antonio de Pro-Bueno, Joaquín González-Sánchez* 81

Uso de una trayectoria hipotética de aprendizaje para proponer actividades de instrucción, *Pedro Ivars, Ceneida Fernández, Salvador Llinares* 105

Trabajar la argumentación a través de un juego de rol: ¿debemos instalar el cementerio nuclear?, *Beatriz Crujeiras-Pérez, Carolina Martín-Gamez, Naira Díaz-Moreno, Alicia Fernández-Oliveras* 125

Revisión sistemática de instrumentos de actitudes hacia la ciencia (2004-2016), *Radu Bogdan Toma* 143

Interacción en foros virtuales al integrar modelización matemática para formar ingenieros, *Jazmín A. Juárez Ramírez, José M. Chamoso Sánchez, María T. González Astudillo* 161

INNOVACIONES DIDÁCTICAS

Modelo semipresencial para la formación universitaria. Aplicación a titulaciones técnicas, *Paz Fernández, María del Carmen Rodríguez-Ponce, Alicia Fernández-Oliveras* 179

Espacios artísticos para vivir las ciencias en Educación Infantil, *Ester Mateo, Sandra Cisneros, Luis Miguel Ferrer, Alicia Muñoz, Amparo Hervas* 199

https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3460
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

EDITORIAL

NOS HAN DEJADO TRES MAESTROS

Mercè Izquierdo Aymerich
Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals
Universitat Autònoma de Barcelona, España.
merce.izquierdo@uab.cat

Joaquín Giménez Rodríguez
Departament d'Educació Lingüística i Literària, i Didàctica de les Ciències Experimentals i de la Matemàtica
Universitat de Barcelona, España.
quimgimenez07@gmail.com

Recientemente han muerto tres grandes maestros que han contribuido a la emergencia y consolidación de la Didáctica de las Ciencias y la Didáctica de las Matemáticas. Porque, si bien hay una larga tradición de enseñanza de estas materias, no ha habido hasta ahora un marco teórico adecuado para investigar sobre ella. ¿Qué es lo que cambió gracias al magisterio de Ronald Giere, de John Gilbert y de Claude Gaulin? ¿Cuál fue su aportación? Es oportuno pensarlo y valorar el aspecto creativo de su trabajo, para agradecerlo desde esta revista que se compromete con estas dos «ciencias» nuevas, que son aún poco conocidas y algunas veces, mal interpretadas, enfrentadas sin necesidad a sus ciencias madres, las Matemáticas y las Ciencias.

El itinerario científico de estos tres maestros tiene algunos aspectos comunes. Su formación inicial fue científica «de materia»: Gaulin, en matemáticas, Gilbert en química, Giere en física. Los tres fueron profesores en diferentes niveles desde Primaria a la Universidad. Los tres sintieron la necesidad de ampliar el marco teórico didáctico de su materia para reflexionar sobre ella y enseñarla mejor, para comprender cómo se produce este proceso complejo de aprendizaje que culmina al conseguir transformar a nuestros alumnos en colegas con los que finalmente compartimos conocimiento, maneras de hablar y de pensar.

La enseñanza y aprendizaje no les parece problemático, a los profesores 'de cátedra', porque aparentemente el saber fluye sin dificultad desde el sabio profesor al discípulo ignorante; pero este proceso empieza a mostrar su complejidad cuando se observa desde la perspectiva de las nuevas ciencias del siglo xx: la lingüística, la filosofía de la ciencia y su historia, la psicología, ... y de su confluencia en las ciencias cognitivas a partir de los años setenta. Los tres maestros que recordamos ahora, aquí, orientaron su investigación desde esta nueva perspectiva, diferenciando los textos de enseñanza (el contenido de sus clases magistrales) de su impacto en los alumnos, contribuyendo a la emergencia de un marco teórico nuevo, que permitía nuevas preguntas y, con ello, iba generando una nueva «ciencia de enseñar la ciencia».

Lo que tiene de nuevo esta ciencia, cuyo objetivo es enseñar bien, es el deseo de que los alumnos disfruten con los conocimientos que emergen en clase, que los saboreen. Para ello, se preocupan por identificar lo más esencial y básico para gozar con las relaciones que se establecen entre las ideas y los

objetos del mundo, para inventar actividades que suscitan buenas preguntas que conectan con los alumnos y les invitan a confiar en su capacidad de pensar. Para ello, en necesario un gran dominio de las disciplinas de referencia y, a la vez, el de otras ciencias desde las cuales poder transformar el saber sabio de los manuales y de la enciclopedia en un saber vivo que crece al mismo ritmo que el alumno.

Nuestros tres maestros han recibido premios y honores que consagran su aportación a la ciencia. Sorprende que sus aportaciones aún no hayan transformado la Escuela como debería. La revista Enseñanza de las Ciencias expresa aquí su agradecimiento, que sabemos comparten multitud de profesores y educadores de todos los países iberoamericanos, a quienes supieron abrir el camino a una reflexión sobre las disciplinas que las hace humanas porque las contemplan como un resultado de una sorprendente capacidad de las personas, generar conocimiento. A continuación glosamos algunas ideas de cada uno de ellos.

Claude Gaulin (1938-2020) es un pionero de la Educación matemática a nivel internacional. Sus primeros trabajos de investigación se refieren a las fracciones en la enseñanza elemental. En 1963, escribe libros de matemáticas elementales y para la Educación Secundaria, que poca gente conoce. Destacamos su fuerza impresionante en la época dorada del 68, cuando los gritos de libertad tenían sus momentos álgidos. Participa activamente en la Comisión Internacional para la Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas (CIEAEM), de la que fue presidente en 1975-1978. Miembro activo y editor fundador de la revista de la Asociación de Matemáticas de Québec (AMQ) en 1969, contribuye con sus editoriales a organizar aspectos curriculares propuestos para la escuela así como la reflexión de investigación en el área. En 1972 fue el primer receptor de una beca de estudios de la FCAC (programa de formación para investigadores y de acciones concertadas del Ministerio de Educación de Québec) para la investigación en educación matemática. En ese mismo año, es elegido vocal de la CIAEM (Comisión Interamericana de Educación Matemática), representando a Canadá.

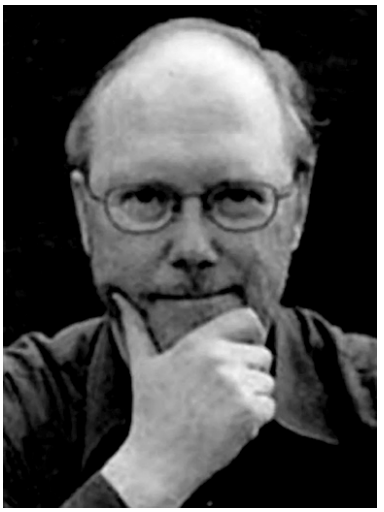
Como investigador, siempre sorprendió su capacidad de relacionar la profundidad teórica con la mejora de la práctica escolar en el campo de la Educación Matemática. Se considera uno de los referentes internacionales de la reflexión sobre representaciones visuales espaciales. En su gran trabajo de 1985, presenta una descripción completísima de las diferentes representaciones planas de objetos tridimensionales (tramas isométricas, dibujos en perspectiva, vistas ortogonales, vistas con información numérica, entre otras; Gaulin, 1985). Era capaz de establecer relaciones entre ideas y concepciones epistemológicas diferentes, lo cual le valió ser invitado en numerosas intervenciones sobre historia de la Educación Matemática. En España aparecen artículos suyos en las revistas Números y Sigma, en donde nos abre a la reciente área de Educación Matemática a nivel internacional.

Junto con otros educadores matemáticos promueve programas de doctorado con estudiantes de países nord-africanos, en Brasil, y otros países de Latinoamérica, Comparte con diversas universidades españolas la generación de la investigación de nuestra área de conocimiento en los años 80. Apoya con interés y dedicación generosa de tiempo y esfuerzos a los profesores y doctorandos que, en aquella época, estábamos iniciándonos en la didáctica de las matemáticas.

Deja huella en la defensa de la formación específica en Educación Matemática. Esta pasión por la educación la trasladó a la necesidad de reenfocar la formación de profesores e investigadores desde una perspectiva integradora. Promueve el programa de formación de profesores de Primaria en mate-

máticas de la Universidad Laval en Québec, que ha influenciado muchos programas de formación de profesores de Primaria en matemáticas en todo el mundo.

Claude Gaulin ha sido reconocido y laureado por su propia comunidad canadiense. Recibió el prestigioso premio Abel Gauthier en 1979 y ha sido el organizador del encuentro internacional de ICME 7, celebrado en 1992 en su Universidad. Con motivo de su 80 aniversario, recibió un sincero homenaje de la comunidad de educación matemática y se publicó un libro que resalta sus ideas principales (Grossi, 2018).



Ronald N. Giere, (1938-2020) nació en Cleveland, Ohio. Se graduó en Física y su interés por la fundamentación racional de la física lo derivó hacia la Filosofía de la Ciencia. En la actualidad era profesor emérito en la Universidad de Minnesota, miembro de la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia, miembro del consejo editorial de la revista Philosophy of Science y antiguo presidente de la PSA. Es recordado como un gran maestro, atento a sus alumnos y a todo aquello que les hiciera progresar.

En el prólogo de su libro 'Explaining Science: a cognitive approach' explica cómo llegó a las ideas de su madurez, partiendo de sus estudios iniciales de física y de filosofía. Ilustra lo que ha sido este encuentro entre la enseñanza de las ciencias y las ciencias cognitivas. Como nos ocurrió a muchos, el libro de T. Kuhn sobre la 'Estructura de las revoluciones científicas' en 1962 le impactó y orientó su pensamiento filosófico hacia el estudio de los fundamentos de las ciencias a partir de las reflexiones de los propios científicos, buscando conexiones con otras disciplinas, como la historia de las ciencias. Y nos dice que en 1982 tuvo un encuentro fortuito con las ciencias cognitivas; a partir de este momento desarrolla una concepción de ciencia 'naturalista', según la cual los científicos son considerados 'agentes cognoscitivos' que piensan y toman decisiones como lo hacen todas las personas, y no requiere un tipo especial de racionalidad. Habla de una 'racionalidad moderada' que genera explicaciones en contexto, con un nuevo concepto de 'verdad científica' que rechaza tanto el dogmatismo como el escepticismo. Finaliza el prólogo reconociendo que la filosofía naturalizada de la ciencia podría formar parte de una nueva ciencia, 'la ciencia de la ciencia'.

Sus ideas han tenido un gran impacto en la Didáctica de las Ciencias. A partir de ellas, podemos tender un puente entre emergencia de los conocimientos científicos debido a la actividad de los científicos y la emergencia del conocimiento en los estudiantes de ciencia, puesto que también los estudiantes son agentes cognoscitivos. Invitan a diseñar actividades didácticas que generen vivencias genuinas que, sin ser las del científico, sean similares a ellas en lo fundamental, que es 'conocer' con criterio, en base a datos y a consensos.

La enseñanza de las ciencias enfrenta la dificultad de explicar el mundo que el alumno conoce con un lenguaje nuevo que aún no necesita. Giere considera que la explicación científica establece una relación de similitud entre un Modelo Teórico y los sistemas reales mediante Hipótesis Teóricas; con ello, enlaza con la Teoría de los Modelos Mentales desarrollada por Johnson Laird en 1983. Nos dice que esta relación es como la que hay entre un mapa y un paisaje: el mapa es un modelo que representa la realidad destacando sólo lo que interesa y la simplifica. Esto permite adaptar la explicación de los estudiantes a 'modelos' que van evolucionando a medida que corresponden a nuevos sistemas. El escollo

de la teoría se hace más amigable y el estudiantado puede con él, porque hay muchos mapas posibles que pueden animar a diferentes estudiantes.

Estas ideas han dado lugar a una potente línea de investigación sobre modelos y modelización, con nuevas propuestas docentes para solucionar el problema de dar sentido a los lenguajes abstractos, teóricos, de las ciencias.

La revista Enseñanza de las Ciencias organizó en 1999 un Seminario de Investigación en el cual participó Giere, junto con otros investigadores de España y países iberoamericanos que trabajaban también con una orientación cognitiva. Todas las ponencias se publicaron en un número extraordinario de la revista (Enseñanza de las Ciencias, 1999, número extraordinario).

John K. Gilbert (1940-2020) murió repentinamente, el 9 de febrero de 2020, lo cual tomó por sorpresa a sus amigos, colegas y discípulos. Ha sido un investigador pionero en diversos campos que han sido también hitos en el desarrollo de la Didáctica de las Ciencias: desde concepciones alternativas, en el inicio hacia modelos y modelización, enseñanza en contexto en la actualidad, que ha sido y será un referente para los investigadores en Didáctica de las Ciencias.

Gilbert se formó como químico y su formación inicial se completó con un BSc, el doctorado y un postgrado en educación, todo ello en química. Fue profesor de química en educación secundaria antes de dedicarse a la investigación en educación científica, tanto en secundaria como en la universidad. Su investigación se dedicó también a aprendizaje informal vinculado a la tecnología; y, recientemente, a la educación de adultos, el tema de su último libro.

La mayor parte de su carrera científica se desarrolló en la Universidad de Reading (Reino Unido). Durante más de 20 años fue el editor del International Journal of Research in Science Education, IJSE, revista de referencia en nuestra área y vinculada a la European Science Education Research Association (ESERA). En 1988 substituyó a European Journal of Research in Science Education, ampliando así su área de influencia cada vez más notable.

Gilbert jugó un papel crucial en la creación de la ESERA, en 1995. Desde entonces, esta Asociación nos ha convocado a Congresos y Escuelas de Verano para futuros doctores en Didáctica en los que se han debatido los temas de actualidad y hemos podido presentar nuestra investigación en un ambiente de amistad y de compañerismo. Gilbert aportaba a estas reuniones un estilo de humor que le era propio; su participación en las comunicaciones imponía respeto a los principiantes, pero era siempre garantía de que la discusión iba a ser seria y respetuosa.

Es relevante destacar su aportación a la enseñanza mediante modelos y modelización, que se concretó en innumerables artículos y capítulos de libros que ahora ya son referencia obligada en cualquier diseño de currículo o de unidad didáctica. Conocía bien el trabajo de Giere y de otros filósofos que desarrollaron también un modelo cognitivo ciencia y contribuyó a que sus aportaciones sobre la 'ciencia de los científicos' (naturalizada, contextualizada, modeladora) fuera operativa a este otro nivel que es la enseñanza de las ciencias.

Su dedicación y aportaciones a la enseñanza de las Ciencias le mereció el premio NARST Distinguished Contributions to Science Education through Research Award (DCRA) en 2001.

CONCLUSIONES

Los tres personajes han compartido su preocupación por el desarrollo profesional y la visualización como temas de reflexión en Educación Matemática y científica. Y la hazaña de ser pioneros. Han asumido la responsabilidad común de la formación docente, y el ímpetu ante nuevos desafíos de nuestras áreas como la Epistemología de la Ciencia y el desarrollo profesional en la Formación científica/matemática. A través de personas como los que aquí hemos citado, hemos reforzado nuestra intuición de que un educador matemático/científico no es simplemente un matemático ni es un educador genérico que no concreta el contenido científico. La presencia de personas como ellos nos enseñan un camino para desarrollar la educación matemática/científica en España en el camino de la internacionalización.

Como formadores, hemos destacado su visión innovadora, sus energías y apoyo para con los jóvenes investigadores y su capacidad creativa y organizativa. Involucrados en el sentido interdisciplinar de nuestras áreas, la promoción de la divulgación de los resultados de investigación, y el desenganche de la especialización científica para mostrarnos el valor de la integración interdisciplinar. Son ejemplos de investigación, así como ejemplos de vida. Para ellos, las Matemáticas y las Ciencias no solo tienen un gran impacto sobre la cultura, sino sobre la enseñanza y la Educación en general. Parte de sus obras muestran un diagnóstico de la naturaleza del quehacer de la educación matemática y científica, así como su relación con el pensamiento filosófico y su conexión con la experimentación.

Su pasión por las áreas de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales deja un recuerdo imborrable. Por detrás de ellos, este editorial es un homenaje a todos nuestros pioneros y referentes. Permanecen sus ideas y las huellas de la importancia de la investigación sobre epistemología y el desarrollo profesional docente en las áreas de Educación Matemática y Científica. Nos queda (a los lectores) el camino de desarrollar y mejorar sus ideas.

REFERENCIAS CLAVE DE C. GAULIN

Gaulin, C. (1984). Actividades geométricas en la E.G.B. En *Actas de las IV Jornadas sobre Aprendizaje y Enseñanza de las Matemáticas* (pp. 27-34). Santa Cruz de Tenerife: Sociedad Canaria 'Isaac Newton' de Profesores de Matemáticas.

Gaulin, C. (1985). The need for emphasizing various graphical representations of 3D- shapes and relations. En L. Streefland (Ed.), *Proceedings of the 9th Annual Conference of the International Group PME* (Vol. 2, pp. 54-72). Utrecht: PME.

Gaulin, C. (2001). Tendencias actuales de la resolución de problemas. *SIGMA. Revista de Matemáticas, 19*, 51-63.

Gaulin, C. y Puchalska, E. (1983). Representations on paper of 3-dimensional shapes. En J. C. Bergeron y N. Herscovics (Eds.), *Proceedings of the 5th Annual Meeting of PME-NA* (vol. 1, pp. 322-325). Montreal: PME-NA.

Gaulin, C. y Puchalska, E. (1987). Coded graphical representations: a valuable but neglected mean of communicating spatial information in geometry. En I. Wirrszup y R. Streit (Eds.), *Development in school mathematics education around the world. Applcations-oriented curricula and technology-supported learning for all students* (pp. 514-539). Reston, VA: NCTM.

Grossi, E. P. (Ed.) (2018). *Claude Gaulin: homenagem*. Brasil: GEEMPA.

Noelting, G., Gaulin, C. y Puchalska, E. (1986). Structures and processes in the ability to communicate spatial information by means of coded orthogonal views. En University of London Institute of Education (Eds.), *Proceedings of the 10th Annual Conference of the International Group PME* (Vol. 1, pp. 111-116). Londres: PME.

REFERENCIAS CLAVE DE R. N. GIERE

Giere, R. N. (1988). *Explaining science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press.

Giere, R. N. (1979). *Understanding scientific reasoning* (2ª ed., 1984; 3ª ed., 1991; 4ª ed., 1997). Nueva York: Holt, Rinehart and Winston.

Giere, R. N. (1985). Constructive realism. En P. M. Churchland y C. A. Hooker (Eds.), *Images of science* (pp. 75-98). Chicago, IL: University of Chicago Press.

Giere, R. N. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias, núm. extra,* 63-70.

REFERENCIAS CLAVE DE J. K. GILBERT

Gilbert, J. K., Boulter, C. y Rutherford, M. (1998). Models in explanations. Part 1: horses for courses? *International Journal of Science Education, 20*(1), 83-97.

Gilbert, J. K. y Boulter, C. (Eds.) (2000). *Developing models in science education.* Dordrecht, Holanda: Kluwer.

Gilbert, J. K., de Jong, O., Justi, R., Treagust, D. F. y van Driel, J. H. (Eds.) (2002). *Chemical education: towards research-based practice*. Dordrecht, Holanda: Kluwer.

Gilbert, J. K. (2005). *Visualization in science education*. Dordrecht, Holanda: Springer.

Gilbert, J. K. (2006). On the nature of context in chemical education. *International Journal of Science Education, 28*(9), 957-976.

Gilbert, J. K. (2013). *Constructing worlds through science education. The selected works of J.K. Gilbert*. Londres: Routledge.

Gilbert, J. K. y Justi, R. (2016). *Modeling based teaching in sciene education*. Cham, Suiza: Springer.

RELACIÓN DE EVALUADORES DEL AÑO 2020

El equipo editorial agradece a todas las personas que han realizado tareas de evaluación de manuscritos por su inestimable ayuda.

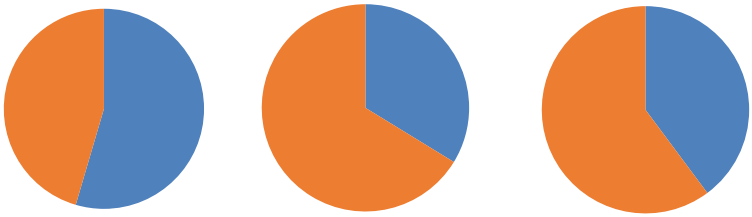
Ana María Abril Gallego
Natividad Adamuz Povedano
Agustín Adúriz-Bravo
Lluís Albarracín Gordo
Joan Aliberas Maymí
María Álvarez Lires
Eva Arbona Picot
Matías Arce Sánchez
David Arnau
Enrique Ayuso Fernández
Virginia Aznar Cuadrado
Pilar Aznar Minguet
Edelmira Badillo
Joaquim Barbé Farre
Berta Barquero i Farràs
María José Beltrán Meneu
Paloma Blanco Anaya
Norka Blanco Portela
Kaouthar Boukafri
Beatriz Bravo Torija
Ánxela Bugallo Rodríguez
María Jesús Caballer Senabre
Manuela Caballero Armenta
Ana Caballero Carrasco
Aurelio Antonio Cabello Garrido
Genina Calafell Subirà
José Miguel Calvo Hernández
Matías Camacho Machín
Leonor Camargo Uribe
José Cantó Doménech
Florentina Cañada Cañada
Andrea Carcamo
José Carrasquer
José Carrillo Yáñez
Graça S. Carvalho
Luis Manuel Casas
Wellington Lima Cedro
Judit Chico Gutiérrez
Francisco Clemente Císcar
Nuria Climent Rodríguez
Myriam Codes Valcarce
Leslie Mahe Collazo Collazo
Laura Conejo Garrote
Ana Rosa Corica
Ángel Luis Cortés Gracia
Joaquim Costa Llobet
Viviana Angélica Costa
Beatriz Crujeiras Pérez
María Ástrid Cuida Gómez
Enrique de la Torre Fernández
M. Ángeles de las Heras Pérez
Antonio de Pro Bueno
Jordi Domènech Casal
Martin Enrique Durán García
John Henry Durango Urrego
Armando Echeverry Gaitán
Enrique España Ramos
Mariona Espinet Blanch
Antonio Estepa
Anna R. Esteve Martínez
Assumpta Estrada Roca
Marcia Eugenio Gozalbo
Angel Ezquerra
Maria de los Ángeles Fanaro Cavalli
Rosa María Farfán Márquez
Catalina María Fernández Escalona
José Antonio Fernández Plaza
Ceneida Fernández Verdú
Irene Ferrando Palomares
Vicenç Font Moll
Antonio Joaquín Franco-Mariscal
Claudio E. Fuentealba Aguilera
Mª Jesús Fuentes Silveira
Leticia Gallegos Cázares
Susana García Barros
Francisco Javier García García
Álvaro García Martínez
Antonio García-Carmona
Isabel García-Rodeja Gayoso
Andrés García Ruiz
Anna Garrido
José María Gavilán Izquierdo
María José Gil Quílez
Juan D. Godino
Bernardo Gómez Alfonso
Teresa González Astudillo
Francisco González García
Alejandro S. González Martín
María José González
José Antonio González-Calero
Jenaro Guisasola Aranzabal
María Isabel Hernández Rodríguez
Santiago Inzunsa Cazares
María Pilar Jiménez Aleixandre
Isabel Jiménez Bargalló
Mª Pilar Jiménez Tejada
Mª Rut Jiménez-Liso
Felipe Kong
María del Mar Liñán García
German Llerena
Carmen López Esteban
Víctor López Simó
Gabriela Lorenzo
José Luis Lupiañez Gómez
Manuel Malaver de la Fuente
Anna Marbà-Tallada
José María Marbán Prieto
Rosa Martín del Pozo
Carolina Martín Gámez
María Martínez Chico
Mª Begoña Martínez Peña
Ester Mateo González
Vicente Mellado Jiménez
Cristian Gonzalo Merino Rubilar
Marta Molina
Rute Monteiro
Miguel Ángel Montes Navarro
José María Muñoz Escolano
María Napal Fraile
María Cristina Naya Riveiro
Andrés Nortes
José María Oliva-Martínez
Begoña Oliveras
Antonio M. Oller
Lourdes Ordóñez
Julio Ostalé García

Marcela Cecilia Parraguez González
Montserrat Pedreira Álvarez
Francisco Javier Perales Palacios
Josefa Perdomo Díaz
Lourdes Pérez de Eulate
Carme Perseguer Esteve
Antonio Quesada Armenteros
Juan Quílez Pardo
Mario Roberto Quintanilla-Gatica
Rafael Ramírez Uclés
Philippe R. Richard
Mirela Rigo Lemini
Javier Rodríguez Moreno
Luis J. Rodríguez-Muñiz
Isabel Romero Albadalejo
Marta Romero Ariza
Juan José Ruiz Ruiz
Gemma Sala Sebastià
Jesús Sánchez Martín
Gloria Sánchez Matamoros García
Ivonne Twiggy Sandoval Cáceres
Vicente Sanjosé López
Neus Sanmartí Puig
Cristina Simarro Rodríguez
Horacio Cristian Solar Bezmalinovic
Joan Josep Solaz-Portolés
Diana Patricia Sureda Figueroa
Marta Talavera Ortega
Óscar Eugenio Tamayo Alzate
Francisco Tarín Martínez
Manel Josep Traver Ribes
María Trigueros
M. Ángeles Ull Solís
Araitz Uskola Ibarluzea
Laura Valdés
Cristina Vallés Rapp
Ángel Vázquez Alonso
Eliane Ángela Veit
Amparo Vilches Pena
Aída Sandra Visokolskis
Miguel R. Wilhelmi

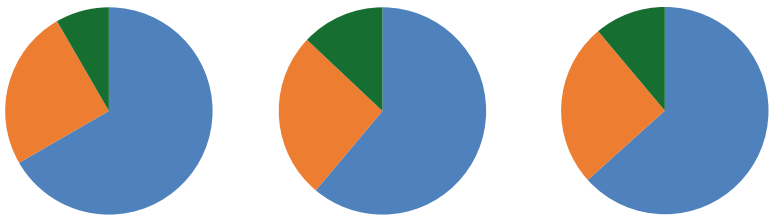
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3461
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

ESTADÍSTICAS DE ARTÍCULOS – 2019

	Didáctica de las Matemáticas		*Didáctica de las Ciencias*		*Total*	
Artículos recibidos en 2019	66		160		226	
Pasan a evaluación por pares	36	54,55%	54	33,75%	90	39,82%
No pasan a evaluación	30	45,45%	106	66,25%	136	60,18%



	Didáctica de las Matemáticas		*Didáctica de las Ciencias*		*Total*	
Artículos evaluados en 2019	36		54		90	
No publicables	24	66,67%	33	61,11%	57	63,33%
Aceptados	9	25,00%	14	25,93%	23	25,56%
En evaluación	3	8,33%	7	12,96%	10	11,11%



ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 38-3 (2020), 15-35
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2845
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Las concepciones de docentes universitarios de ciencias sobre los contenidos

University science teachers' conceptions of contents

Ana Rivero, Soraya Hamed, Gabriela Delord, Rafael Porlán
Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales
Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
arivero@us.es, sha@us.es, gcattani1@us.es, rporlan@us.es

RESUMEN• En este trabajo se analiza la evolución de las concepciones sobre los contenidos de 16 docentes universitarios de ciencias, cuando realizan ciclos de mejora en el aula en un curso de formación. Para ello, se ha utilizado un cuestionario inicial de preguntas abiertas y un informe final público sobre su práctica docente. La metodología utilizada ha sido de tipo cualitativa y basada en el análisis del contenido de ambos instrumentos. Los resultados indican que el desarrollo profesional alcanzado es significativo y se orienta hacia una visión de los contenidos coherente con una enseñanza centrada en el estudiante y en el aprendizaje, aunque de diverso grado según las dimensiones analizadas. También permiten proponer una hipótesis de progresión del conocimiento docente del profesorado universitario de ciencias en relación con los contenidos, que oriente las estrategias formativas.

PALABRAS CLAVE: Educación Superior; Conocimiento docente; Contenidos de enseñanza; Progresión del aprendizaje docente; Desarrollo profesional.

ABSTRACT • This work analyzes the evolution of content concepts among 16 university science professors participating in the Classroom Improvement Cycles (CIC) within the scope of a training program. For this, an initial, open-question questionnaire and a public final report about their teaching practice were used, together with a qualitative methodology based on the analysis of content for both instruments. The results indicate that the level of professional development is significant and the orientation moves towards contents that are more coherent with teaching based on the student and on learning, although to a wide range of degrees according to the dimensions analyzed. It also allows us to propose a progression hypothesis regarding university science professors' knowledge in terms of contents that leads the training strategy.

KEYWORDS: Higher Education; Teacher Knowledge; Teaching Contents; Learning Progressions; Professional Development.

Recepción: diciembre 2018 • Aceptación: noviembre 2019 • Publicación: noviembre 2020

Rivero, A., Hamed, S., Delord, G. y Porlán, R. (2020). Las concepciones de docentes universitarios de ciencias sobre los contenidos. *Enseñanza de las Ciencias, 38*(3), 15-35.
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2845

INTRODUCCIÓN

La Declaración sobre Educación Superior en el siglo xxi (Unesco, 1998) plantea que las universidades deben mejorar el conocimiento didáctico del profesorado mediante programas de formación. Como señalan Amundsen y Wilson (2012), el profesorado universitario suele tener ideas poco elaboradas sobre la enseñanza y se identifica mayoritariamente con un modelo transmisivo. Superar este modelo no es fácil, aunque es posible provocar cambios significativos con programas de formación adecuados (Gibbs y Coffey, 2004).

En esta línea, el Grupo Formación e Investigación en Docencia Universitaria (FIDU) al que pertenecemos, está implicado en el Programa de Formación e Innovación Docente del Profesorado (FIDOP, en adelante) de la Universidad de Sevilla. Este programa está basado en ciclos de mejora en el aula (CIMA) (Porlán, 2017) compuesto por estas fases: *a*) *Analizar la práctica habitual y reflexionar sobre la práctica deseable* en relación con los contenidos, los modelos mentales de los estudiantes, la metodología y la evaluación; *b*) *Diseñar cambios posibles* en los cuatro ámbitos señalados para un número de clases limitado; *c*) *Experimentar el diseño y llevar un diario* sobre los aspectos más significativos de la experiencia; *d*) *Evaluar los resultados* en términos del aprendizaje alcanzado por los estudiantes, de la validez del CIMA y de las mejoras a introducir en el siguiente; *e*) Publicar un artículo que sintetice la experiencia, y *f*) Comenzar el diseño de un nuevo CIMA que abarque más horas y que incorpore las mejoras previstas. Todo ello en un proceso orientado por un formador y compartido con otros colegas en el marco del Curso General de Docencia Universitaria (CGDU) que pretende la progresión del conocimiento docente hacia modelos de enseñanza centrados en el aprendizaje y el estudiante (Martín del Pozo, Pineda y Duarte, 2017). Esta estrategia atiende a los planteamientos del movimiento SoTL (Scholarship of Teaching and Learning), en el sentido de que el profesorado analiza y mejora su práctica y hace público el resultado de sus innovaciones, adoptando en la docencia los procedimientos que utiliza en la investigación (Shulman, 1998; Kreber, 2005; Bolívar y Caballero, 2008; Chocarro, Sobrino y González-Torres, 2013). Al mismo tiempo, los problemas prácticos que se abordan en un CIMA (los contenidos, la metodología, la evaluación y los modelos mentales de los estudiantes) son considerados determinantes desde la línea desarrollada en torno al Pedagogical Content Knowledge (PCK) (Shulman, 1986; Abell, 2008).

Es conocido que la construcción de un conocimiento docente coherente con las aportaciones de la investigación suele ser lenta y gradual (Larkin, 2012). Esta construcción progresiva es objeto de investigación en la línea *learning progression* (Heritage, 2008; Gunckel, Covitt y Salinas, 2018), que se ha revelado como un marco adecuado para analizar el aprendizaje del profesorado (Zembal-Saul et al., 2002; Schneider y Plasman, 2011; Talanquer, 2014; Porlán et al., 2011; Rivero et al., 2017). Analizar estas progresiones es indispensable para mejorar las estrategias formativas, pues nos informan de los itinerarios seguidos y de los obstáculos que pueden aparecer (Crawford y Capps, 2016). Sin embargo, existen pocos estudios que utilicen estos enfoques en la Educación Superior. Es excepcional el caso de Fraser (2016) que muestra la relevancia del PCK para el desarrollo del profesorado universitario de ciencias. El objetivo que nos planteamos aquí es analizar cómo progresa el conocimiento docente de una muestra de profesores de ciencias cuando participa en el Programa FIDOP valorando así su potencialidad. Dadas las limitaciones de espacio, nos centraremos solo en la progresión relativa a los contenidos.

FUNDAMENTOS

El conocimiento docente

La enseñanza precisa de un tipo de conocimiento especializado e intencional orientado a la consecución de aprendizajes de calidad. Como plantean Mellado (1999) y Porlán y Rivero (1998), no hablamos de un conocimiento constituido solo por teorías, sino también por *esquemas de acción* coherentes con ellas (Bromme, 1988; Carter, 1990). Construir un conocimiento de estas características no es posible sin la integración de saberes de naturaleza epistemológica diferente. En 1986, Shulman llamó la atención sobre la existencia de un tipo de conocimiento, que llamó *pedagogical content knowledge*, que es fruto de las interacciones entre el conocimiento de la materia y el conocimiento pedagógico. Destacó también que se trata de un conocimiento propio de los docentes y de su manera especial de interpretar la materia como algo para ser enseñado (Shulman, 1987). Los componentes del PCK han sido debatidos y ampliados desde entonces. Fruto de este debate, en los CIMA consideramos cuatro tipos de saberes que se deben integrar: el conocimiento de la materia, el conocimiento pedagógico, los saberes basados en la experiencia y los saberes metadisciplinares (naturaleza de la disciplina, fines de la educación…) (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997). La relevancia de la perspectiva *meta* es resaltada por Crawford y Capps (2016) y recogida por el modelo de PCK que resultó de la cumbre celebrada en 2012 para debatir su significado (Gess-Newsome, 2015). Asimismo, la relevancia de la experiencia se resalta también en el modelo consensuado en dicha cumbre, como elemento influyente en el PCK personal (Evens et al., 2018). La interacción entre estos cuatro saberes debería dar lugar, en un contexto deseable, a la elaboración de *teorías prácticas* para abordar los problemas docentes (Porlán et al., 2010).

La caracterización de este conocimiento práctico y profesionalizado sigue abierta. Desde la celebración de la cumbre del PCK se debate sobre diferentes cuestiones: *a*) Si es un *conocimiento personal* que toma forma en la acción o si se puede formular como un *conocimiento deseable*, o ambas cosas; *b*) si es un conocimiento que se refiere a contenidos concretos o si admite una elaboración a nivel de materia o, incluso, de varias materias (Gess-Newsome, 2015), y *c*) si los problemas prácticos en torno a los que se organiza son los mismos tanto si hablamos de conocimiento deseable como de conocimiento personal; posición esta que aparece en las propuestas de Porlán et al. (2010) y Gess-Newsome (2015). Desde nuestro punto de vista, es necesario formular un *conocimiento deseable* para la enseñanza de las ciencias, que sirva de referencia en los procesos de formación del profesorado universitario y, al mismo tiempo, investigar el *conocimiento personal* que los profesores utilizan al enseñar tópicos concretos, tomándolo como punto de partida de la formación. El diseño y aplicación de los CIMA busca precisamente promover la progresión desde el conocimiento personal hacia el deseable.

El conocimiento sobre los contenidos

Los contenidos son una cuestión clave en la actividad docente (Parcerisa, 2005). Los dos grandes modelos didácticos, el orientado hacia la enseñanza y el orientado hacia el aprendizaje (Friedrichsen, Van Driel y Abell, 2011), los conciben de manera diferente. El primero, coincidente con lo que se denomina modelo transmisivo (Kember y Gow, 1994), está presente de manera generalizada en la enseñanza universitaria (Mellado, 1999; Gibbs y Coffey, 2004). En él, los contenidos se tienden a identificar con una versión lineal, parcelada y ahistórica del conocimiento disciplinar, obviándose su organización interna, los problemas relevantes, las implicaciones sociales y los obstáculos epistemológicos que caracterizan su evolución (Barrón, 2015). Es habitual, también, que predominen los conceptos (Briceño, Benarroch y Martín, 2013), estando los procedimientos científicos menos presentes y siendo las ac-

titudes normalmente ignoradas (Drago, Espejo y González-Monteagudo, 2015). Las clases prácticas, donde los procedimientos científicos sí pretenden ser enseñados, suelen tener un carácter cerrado y reproductivo.

Este enfoque, sin embargo, no es el que se considera deseable en la literatura. Biggs (2005) propone una nueva visión de los contenidos basada en: *a*) identificar los esenciales y sus relaciones, *b*) poner el énfasis en la profundidad y no en la amplitud, *c*) convertirlos en problemas significativos y *d*) construir sobre lo que los estudiantes pueden resolver por sí mismos. Estos principios están claramente relacionados con el modelo orientado hacia el aprendizaje y plantean una visión de los contenidos como medios para alcanzar aprendizajes deseables y no como fines en sí mismos. Teniendo en cuenta esto, los CIMA del Programa FIDOP toman como referencia un conocimiento deseable sobre los contenidos que incluye las siguientes dimensiones:

a) *Ampliar los tipos de contenidos*. Los contenidos conceptuales no son suficientes y es necesario incorporar los procedimientos de la disciplina y las actitudes implicadas (Parcerisa, 2005).
b) *Identificar los contenidos esenciales* que dan sentido al conjunto de la materia y que fomentan que los estudiantes construyan un modelo mental básico de esta.
c) *Identificar las interacciones entre los contenidos*, pues se construyen en red formando «sistemas de ideas» (García Díaz, 1998).
d) *Relacionar los contenidos con problemas que les den sentido*, pues los conocimientos de las disciplinas son respuestas a problemas de los investigadores y esta relación entre conocimientos y problemas, relevante en la comunidad científica, también debe serlo en el contexto educativo.

Estas cuatro dimensiones constituyen, a su vez, las categorías de análisis de esta investigación.

La formación docente

El modelo habitual en la formación del profesorado no universitario se basa en abordar separadamente el conocimiento de la materia, el conocimiento pedagógico y la experiencia durante las prácticas, esperando que el docente en formación los integre espontáneamente. Sin embargo, esto no ocurre, pues la integración no es un proceso automático, sino que requiere de orientación específica, al tratarse de epistemologías diferentes. En el caso de los docentes universitarios esto es aún más grave, pues el conocimiento pedagógico es implícito y se basa en esquemas de acción interiorizados durante la experiencia como estudiantes e influye en la actuación docente sin que el profesorado tenga posibilidad, por sí solo, de someterlos a reflexión y crítica. Por tanto, es necesario que un conocimiento integrado, fundamentado y práctico que hemos denominado *conocimiento docente deseable* sea el referente de las propuestas de formación. En este sentido, la investigación sobre formación docente aporta conclusiones relevantes en relación con las estrategias que favorecen la integración de saberes. Tras una amplia revisión sobre la formación del profesorado de ciencias, Berry, Depaepe y Van Driel (2016) señalan que realizar actividades de análisis y experimentación sobre la práctica de manera individual y colectiva es crucial para el desarrollo del PCK. Una manera de hacerlo es a través de procesos sucesivos de autorregulación metacognitiva (Mellado, 2003) o de investigación guiada (Furió y Carnicer, 2002). Estas propuestas coinciden en que es necesario tomar conciencia de los problemas de enseñanza, cuestionar el pensamiento propio espontáneo, elaborar nuevas propuestas, ponerlas en práctica y reflexionar sobre sus resultados, creando productos didácticos comunicables. En estos procesos, el formador debe adoptar un papel similar al que definen Garmendia et al. (2014): hacer reflexionar a los docentes sobre estrategias de enseñanza alternativas y sus implicaciones en la práctica, respetando los itinerarios de progresión personales.

Para mejorar los programas de formación docente universitaria se necesita también conocer la evolución real de los participantes. Es decir, describir y analizar la progresión del conocimiento docente personal, detectando aquello que lo facilita y también lo que lo obstaculiza (Mellado, 2003; Talanquer, 2014), como muestra la revisión realizada por Schneider y Plasman (2011). Para ello es importante caracterizar los modelos intermedios que se pueden dar entre el enfoque centrado en la enseñanza y el centrado en el aprendizaje. Samuelowicz y Bain (2001) distinguen un modelo intermedio que definen como *orientado a facilitar la comprensión*, mientras que Gargallo et al. (2007) detectan dos modelos intermedios, uno más próximo al polo centrado en la enseñanza y otro más cercano al modelo centrado en el aprendizaje. En el caso particular de los profesores de ciencias, y en relación con los contenidos, son muy escasos los estudios que aportan información. En trabajos anteriores, en el caso de profesores de ciencias en formación inicial, detectamos un modelo intermedio en relación con los contenidos (Martín del Pozo, Porlán y Rivero, 2011), entendido como el resultado de la adaptación de los conocimientos disciplinares a los intereses y concepciones de los alumnos. Por último, el estudio de García y Martín (2017), realizado con 15 docentes universitarios de ciencias usando entrevistas, detecta 5 modelos sobre los contenidos que enunciamos en orden de progresión y de representatividad en la muestra: *a*) cuerpo de conocimientos cerrado y acabado establecido por el temario, *b*) información seleccionada y adaptada por expertos para la mejor comprensión de la asignatura y que tiene en cuenta las relaciones, *c*) conceptos y procedimientos cerrados y estáticos con los que el estudiante debe operar, estableciendo vínculos entre ellos y resolviendo ejercicios para favorecer una reproducción válida de este, *d*) cuerpo de conocimientos que se reorganiza y reconstruye en el proceso de aprendizaje para favorecer la comprensión y para que el estudiante sea capaz de resolver problemas y *e*) competencias para el cambio conceptual y para el futuro profesional, desarrollando la capacidad de análisis, el pensamiento crítico y las habilidades para la investigación y la reflexión.

La investigación de las progresiones docentes, en definitiva, permite ir formulando una hipótesis sobre el aprendizaje docente de los contenidos, de gran utilidad para la formación del profesorado. Nuestro trabajo pretende aportar en esta dirección. Para ello, nos planteamos el siguiente problema central:

¿Cómo progresa el conocimiento docente del profesorado universitario de ciencias de la muestra en relación *con los contenidos cuando participa en un curso de formación basado en ciclos de mejora en el aula?*

Para poder responderlo, desglosamos el problema en tres más concretos:

a) ¿Qué tipos de contenidos tiene en cuenta el profesorado antes y después del curso formativo?
b) ¿En qué medida tiene en cuenta los contenidos esenciales y sus interacciones antes y después del curso?
c) ¿En qué medida relaciona los contenidos con problemas, casos o proyectos antes y después del curso?

En la figura 1 se sintetiza lo dicho en este apartado.

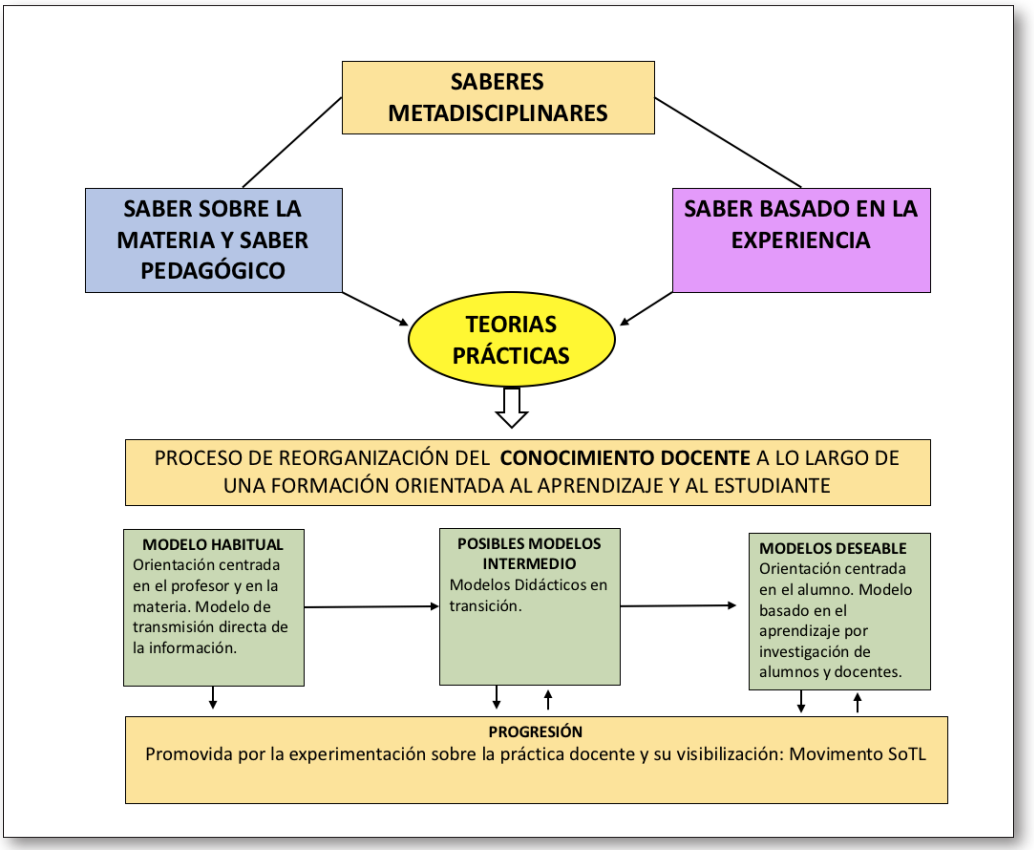


Fig. 1. Componentes del conocimiento docente deseable y descripción del proceso de progresión.

MÉTODO

Contexto de la investigación

El Programa FIDOP, como se ha dicho, pretende la evolución del conocimiento docente mediante el diseño, experimentación y evaluación de CIMA orientados por un formador y en el marco del Curso General de Docencia Universitaria (CGDU). En la introducción describimos las fases de un CIMA, ahora presentaremos su concreción en la secuencia de actividades relacionada con los contenidos:

A1. *Autoanálisis de la práctica* a través de un cuestionario abierto, detectando las pautas habituales sobre los contenidos, reflexionando sobre cómo se deberían formular si las condiciones fueran favorables y sobre las mejoras posibles a introducir en el CIMA.

A2. *Formulación de la primera versión de los contenidos* que se pretenden enseñar en el CIMA.

A3. ¿Solo hay un tipo de contenidos? Se cuestiona la predominancia de contenidos conceptuales (o procedimentales, en clases prácticas) en la primera versión. Elaboración de una segunda teniendo en cuenta tres tipos de contenidos: conceptuales, procedimentales y actitudinales.

A4. ¿Todos los contenidos son igual de importantes? Se reflexiona sobre el papel de los contenidos esenciales en las disciplinas y en los modelos mentales de los estudiantes.

A5. ¿Los contenidos están relacionados? Se reflexiona sobre las interacciones entre contenidos y sobre su forma de representación.

A6. *Diseño del mapa de contenidos* que se pretende enseñar durante el ciclo, resaltando los esenciales y sus relaciones.
A7. ¿Cómo se han construido los contenidos de las disciplinas? Se reflexiona sobre la relación entre problemas de investigación y contenidos.
A.8. *Incorporación al mapa de problemas, casos o proyectos* que reten a los estudiantes a construir los contenidos esenciales.
A.9. ¿Cómo responderán los estudiantes solos a los problemas que *se proponen?* Detección y análisis de los modelos mentales iniciales de los estudiantes en relación con los contenidos y problemas del mapa. Esto implica la elaboración de un cuestionario, su aplicación y el análisis para cada pregunta. Elaboración de la última versión de los contenidos, como resultado de la adaptación del mapa al nivel de partida de los estudiantes.
A.10. *Aplicación y evaluación del CIMA* y elaboración de una publicación.

Muestra

Esta investigación se ha realizado en el curso 2017-18 con 16 participantes en el CGDU, 10 mujeres y 6 hombres. En la tabla 1 están las asignaturas en las que se aplicó el CIMA. La mayoría de ellas se corresponden con las ciencias experimentales y las matemáticas (14) y dos se corresponden con el ámbito de las ciencias de la salud. Su adscripción a este grupo se debe a la división de la muestra en dos: los más próximos a las ciencias experimentales y los más próximos a las ciencias sociales. Las edades oscilan entre 31 y 58 años. Más de la mitad (62,5 %) no había recibido formación docente antes de llegar al programa.

Tabla 1
Características de la muestra objeto de estudio

Sujeto	*Especialidad*	*Asignatura ciclo de mejora*	*Edad*
2	Ingeniería	Química de los materiales	35
4	Medicina	Anatomía	52
6	Ingeniería	Cálculo infinitesimal y numérico	27
7	Farmacia	Óptica y optometría	27
9	Medicina	Anatomía	31
10	Podología	Podología clínica	39
11	Enfermería	Casos clínicos	38
12	Enfermería	Farmacología	54
14	Física	Física II	33
23	Enfermería	Bioquímica y Biología molecular	44
31	Fisioterapia	Fundamentos de las Ciencias	37
33	Fisioterapia	Fisiología	37
39	Matemáticas	Álgebra lineal y Geometría I	51
40	Medicina	Anatomía	58
46	Matemáticas	Matemática aplicada y estadística	31
48	Farmacia	Masoterapia	37

Instrumentos

Aunque en el proyecto de investigación se han utilizado diferentes instrumentos, para este artículo hemos analizado dos. El cuestionario sobre *Concepciones Docentes del Profesorado Universitario* (*CDPU*), constituido por preguntas abiertas organizadas en cuatro bloques (metodología, modelos mentales de los estudiantes, contenidos y evaluación). Con dicho instrumento se ha analizado el conocimiento docente antes de empezar el curso. En este trabajo se presentan los resultados del bloque relacionado con los contenidos (tabla 2). No se ha encontrado en la literatura ningún cuestionario para profesorado de ciencias centrado en los contenidos. Por tanto, el instrumento es de elaboración propia y se ha basado en los problemas de investigación y en las cuatro categorías de análisis: Tipos de contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) (TC), identificación de los contenidos esenciales (CE), interacciones entre los contenidos (IC) y relaciones entre contenidos y problemas (P). El cuestionario fue sometido a validación por 10 expertos en Didáctica de las Ciencias, formación del profesorado y metodología de investigación y por 10 docentes universitarios de ciencias, revisándose todas las preguntas con menos de 4 puntos en pertinencia y claridad y tomándose en consideración las formulaciones alternativas de los evaluadores (tabla 3).

Tabla 2
Preguntas del *CDPU* sobre contenidos

1. Elije una asignatura y un tema que impartas con frecuencia y anota los contenidos que sueles enseñar.

   ASIGNATURA Y TEMA:
   RELACIÓN DE CONTENIDOS:

2. Revisa la relación anterior y responde a estas preguntas: ¿De qué tipo es cada uno (teórico, procedimental, relacionado con la metodología de investigación, asociado a valores, otros)? Explícalo.

CONTENIDO	*DE QUÉ TIPO ES*	*EXPLICACIÓN*
1.		
2.		
n.		

3. Indica aproximadamente el porcentaje de tiempo que dedicas a cada uno de esos tipos de contenidos.

   Teóricos:____; Procedimentales:____; Relacionados con la metodología de investigación:_____; Asociados a valores vinculados con la asignatura:____; Otros_____. Explica esta distribución.

4. Por orden de importancia, ¿qué fuentes sueles utilizar para seleccionar los contenidos (teoría contenida en los manuales, problemas científicos, temario de años anteriores, fenómenos de la vida cotidiana, problemas sociales o/y profesionales relevantes, otras)? ¿Por qué estas fuentes?

FUENTES POR ORDEN DE IMPORTANCIA	*¿POR QUÉ?*
1.	
2.	
n.	

5. ¿Cómo sueles organizar los contenidos para abordarlos y presentarlos en clase (listados, esquemas, mapas, otros)? ¿Por qué esta forma?
6. ¿Son todos los contenidos igual de importantes? Si no es así ¿se aprecia la diferencia en la organización mencionada en la pregunta anterior?
7. Si se dieran las condiciones ideales: ¿Qué cambiarías de todo lo dicho hasta ahora? ¿Qué obstáculos te impiden hacer esos cambios?

CAMBIOS EN LOS CONTENIDOS	*OBSTÁCULOS PARA PODER HACERLO*
1.	
2.	
n.	

Tabla 3
Ejemplo de pregunta para los evaluadores

Subcategoría	*Pregunta*	*Pertinencia (1 a 5)*	*Claridad (1 a 5)*
1.1. Tipos de contenidos	Elige un tema que impartas con frecuencia y anota los contenidos que sueles enseñar		
	¿De qué tipo es cada uno? (teórico, procedimental, relacionado con la metodología de investigación, asociado a valores, etc.). Explícalo		
Comentarios y formulaciones alternativas:			

El segundo instrumento es el *Informe final* público elaborado por los participantes como resultado del diseño, experimentación y evaluación del CIMA (tabla 4), que entregan un mes después de acabado el CGDU. En relación con este instrumento se tienen en cuenta solo los datos relacionados con los contenidos, agrupados en las mismas categorías que en el cuestionario (TC, CE, IC y P), lo que nos ha permitido comparar los resultados antes y después del curso.

Tabla 4
Informe final *público* sobre el CIMA

Título, nombre y apellidos.

1. *Descripción del contexto* (características de los estudiantes, del aula…).
2. *Diseño del CIMA.* 2.1. Punto de partida de los estudiantes; 2.2. Contenidos que se pretenden abordar; 2.3. Metodología, actividades y recursos que se van a utilizar; 2.4. Sistema de evaluación para saber el aprendizaje de los estudiantes y la validez del CIMA.
3. *Aplicación del CIMA*. 3.1. Evaluación del aprendizaje de los estudiantes, comparando sus conocimientos iniciales y finales; 3.2. Descripción y análisis de las sesiones de clase a través de un diario, teniendo en cuenta la pertinencia de los contenidos, la adecuación del modelo metodológico y las actividades y la validez del sistema de evaluación.
4. *Evaluación del CIMA*. 4.1. Cuestiones a mantener o cambiar en un futuro CIMA; 4.2. Aspectos de la experiencia que se incorporarán a la práctica habitual; 4.3. Principios didácticos argumentados que van a guiar la práctica futura.

ANÁLISIS DE DATOS

Como hemos venido diciendo, y en coherencia con los problemas de investigación, se ha organizado la información en las cuatro categorías mencionadas. Inicialmente, atendiendo a los resultados aportados por la bibliografía, las cuatro categorías se cruzaron con dos modelos de conocimiento docente: el que considerábamos iba a ser más frecuente en la muestra al inicio, basado en la transmisión directa del contenido, centrado en el docente y en la materia (M1), y el modelo de referencia (M4), basado en la construcción del contenido por parte de los estudiantes y centrado en el aprendizaje. Durante el análisis de los datos emergieron dos modelos intermedios: uno de *transmisión directa abierto a los estudiantes* (M2) y otro, más evolucionado, basado en la *resolución de problemas* (M3). Ambos se han cruzado también con las categorías dando como resultado la tabla 5, que refleja una hipótesis de progresión del conocimiento docente en relación con los contenidos, coherente con los resultados de este estudio.

Tabla 5
Hipótesis de progresión del conocimiento docente en relación con los contenidos

Categoría	Modelo 1 (formulado a priori): Transmisión directa de los contenidos (M1)	Modelo 2 (emerge de los datos): Transmisión abierta a los estudiantes (M2)	Modelo 3 (emerge de los datos)*:* Resolución de problemas (M3)	Modelo 4 (formulado a priori): Construcción del contenido por los estudiantes (M4)
Tipos de contenidos (TC)	Se abordan contenidos conceptuales o, en el caso de clases prácticas, procedimentales		Se comienzan a considerar contenidos procedimentales y/o actitudinales. No se realiza de una manera equilibrada	Se formulan contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de manera equilibrada

Categoría	Modelo 1 (formulado a priori): Transmisión directa de los contenidos (M1)	Modelo 2 (emerge de los datos): Transmisión abierta a los estudiantes (M2)	Modelo 3 (emerge de los datos)*:* Resolución de problemas (M3)	Modelo 4 (formulado a priori): Construcción del contenido por los estudiantes (M4)
Identificación de los contenidos esenciales (CE)	Todos los contenidos tienen el mismo valor	Se resaltan, sin argumentar, contenidos esenciales conceptuales (clases teóricas) o procedimentales (clases prácticas)	Se resaltan contenidos conceptuales y procedimentales esenciales	Se resaltan contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales esenciales.
Interacciones entre los contenidos (IC)	Los contenidos se organizan en listados o en esquemas con relaciones de inclusión		Los contenidos se organizan en mapas con cierto grado de interacción entre ellos. Predominan las interacciones inclusivas frente a las de interdependencia	Los contenidos se organizan en mapas que reflejan relaciones sistémicas y de interdependencia entre ellos
Relación entre contenidos y problemas, casos o proyectos (P)	No se formula ningún problema, caso o proyecto		Se relacionan los contenidos con problemas, casos o proyectos de carácter cerrado	Se relacionan todos los contenidos con problemas, casos o proyectos abiertos para investigar, con sentido para los estudiantes, relevantes para la materia y para el contexto profesional/ social

Para organizar y analizar los datos hemos seguido un proceso cualitativo de análisis del contenido (Bardin, 1986; Krippendorp, 2004; Cohen, Manion y Morrison, 2007). En él han participado 8 investigadores, analizando cada uno 2 sujetos de la muestra. Krippendorp define el análisis de contenido como un método para hacer «inferencias válidas y replicables de textos» (2004, p. 18). Para Bardin, el análisis del contenido es «un conjunto de instrumentos aplicados a discursos (contenidos y continentes) para que puedan ser traducidos a modelos» (1986, p. 7). Es decir, «implica seleccionar y analizar textos, para darles sentido, señalando patrones, categorías y regularidades» (Cohen, Manion y Morrison, 2007, p. 461). Atendiendo a estos principios, cada investigador ha seguido los siguientes pasos en las dos fases que propone Muñoz (2005, p. 12).

Fase textual, centrada en la selección, codificación y clasificación de los textos. Esta fase se ha realizado con apoyo del programa Atlas-ti, que permite generar documentos según los dígitos del código de cada texto, pero, obviamente, no puede tomar decisiones sobre la selección y categorización de estos. Los pasos de esta fase fueron: *a*) Incluir los cuestionarios y el informe final en Atlas-ti; *b*) identificar las unidades de información significativas (UIS), es decir segmentos literales de texto con sentido, relevantes para los problemas de investigación; *c*) clasificar cada UIS en la categoría correspondiente, adjudicándoles un código con los siguientes dígitos: sujeto, número de orden, categoría e instrumento.

Fase conceptual, en la que se ha analizado la información una vez categorizada y codificada. Los pasos fueron: *a*) Analizar a qué modelo de conocimiento docente pertenece cada UIS de cada categoría y sujeto según la tabla 5. En el caso de que una UIS sugiriera un modelo intermedio, se sometió a la revisión de pares; *b*) contraste por pares, en el que un investigador revisa todos las UIS obtenidas por otro y viceversa, incluyendo las propuestas de modelos emergentes y negociando las discrepancias (en

este contraste se ha obtenido una coincidencia del 72 %); *c*) Contraste por grupos de 4 investigadores (Patton, 2002) para resolver las discrepancias entre pares (coincidencia del 81 %); *d*) contraste entre todo el equipo de investigación (Mayring, 2014) para resolver las discrepancias del nivel anterior (coincidencia del 87 %), excluyéndose las no resueltas y acordando los modelos intermedios que surgen de los datos y que se incluyen en la tabla 5; *e*) en cada categoría, cuantificación del número de sujetos que se encuentra en cada modelo de conocimiento docente antes y después del CIMA, analizando la progresión.

RESULTADOS

Comenzaremos describiendo el total de participantes que están en cada modelo y categoría antes y después del curso (tablas 6): *a*) La mayoría de la muestra se sitúa en el *modelo transmisivo* al principio y en el *modelo por resolución de problemas* al final; *b*) las dos categorías donde hay más avance son: identificación de contenidos esenciales e interacciones entre contenidos; *c*) las categorías donde hay menos evolución son: tipos de contenidos y relación entre contenidos y problemas; *d*) 8 sujetos se encuentran al principio en modelos más avanzados que M1 en algunas categorías; *e*) el modelo de transmisión abierta a los estudiantes solo está presente al principio en la categoría CE, desapareciendo al final, y *f*) solo tres sujetos alcanzan M4 en alguna categoría.

Tabla 6
Total de participantes en cada nivel y categoría, antes y después del curso

MODELO		ANTES (Frecuencia)				DESPUÉS (Frecuencia)			
		CATEGORÍA				CATEGORÍA			
		TC	CE	IC	P	TC	CE	IC	P
Construcción del contenido por los estudiantes	M4					2		1	
Relación entre contenidos y problemas	M3	2			1	*7*	*14*	*11*	*9*
Transmisión abierta a los estudiantes	M2		5						
Transmisión directa de los contenidos	M1	*14*	*9*	*14*	*15*	*7*	1	4	7

A continuación, analizaremos la progresión en cada categoría, incluyendo algunos ejemplos.

Tipos de Contenidos (TC)

Antes del curso, 14 participantes toman en consideración solo contenidos conceptuales (tabla 6), dedicándoles el 80 % del tiempo o, en el caso de prácticas, contenidos procedimentales, dedicándoles el 75 % del tiempo.

> *Tema: Cadena respiratoria y fosforilación oxidativa. Contenidos: Componentes de la cadena transportadora de electrones. Transferencia de electrones. Acoplamiento de la fosforilación oxidativa con el transporte... Tiempo: Teóricos 90 %, razonamientos 10 %* (cuestionario inicial sujeto 23, CI23).

Los otros 2 participantes dan menos peso a los conceptos y los relacionan con procedimientos y/o actitudes (tabla 6), aunque no plantean los tres tipos de contenidos de manera equilibrada (M3).

Al acabar el curso disminuye el número de sujetos en M1 (de 14 a 7) y aumentan en M3 (de 2 a 7). Además, 2 participantes se sitúan en el modelo deseable (M4) al proponer los tres tipos de contenidos

de forma equilibrada. Veamos un ejemplo de este último caso en el que se incluye el texto y el mapa de contenidos y problemas del sujeto en su informe final (figura 2):

En mis clases, además de los contenidos conceptuales y procedimentales, cobran importancia los valores. Pretendo formar profesionales que tengan capacidad crítica y una actitud ética. Se muestra a continuación el mapa donde están presentes los 3 tipos:

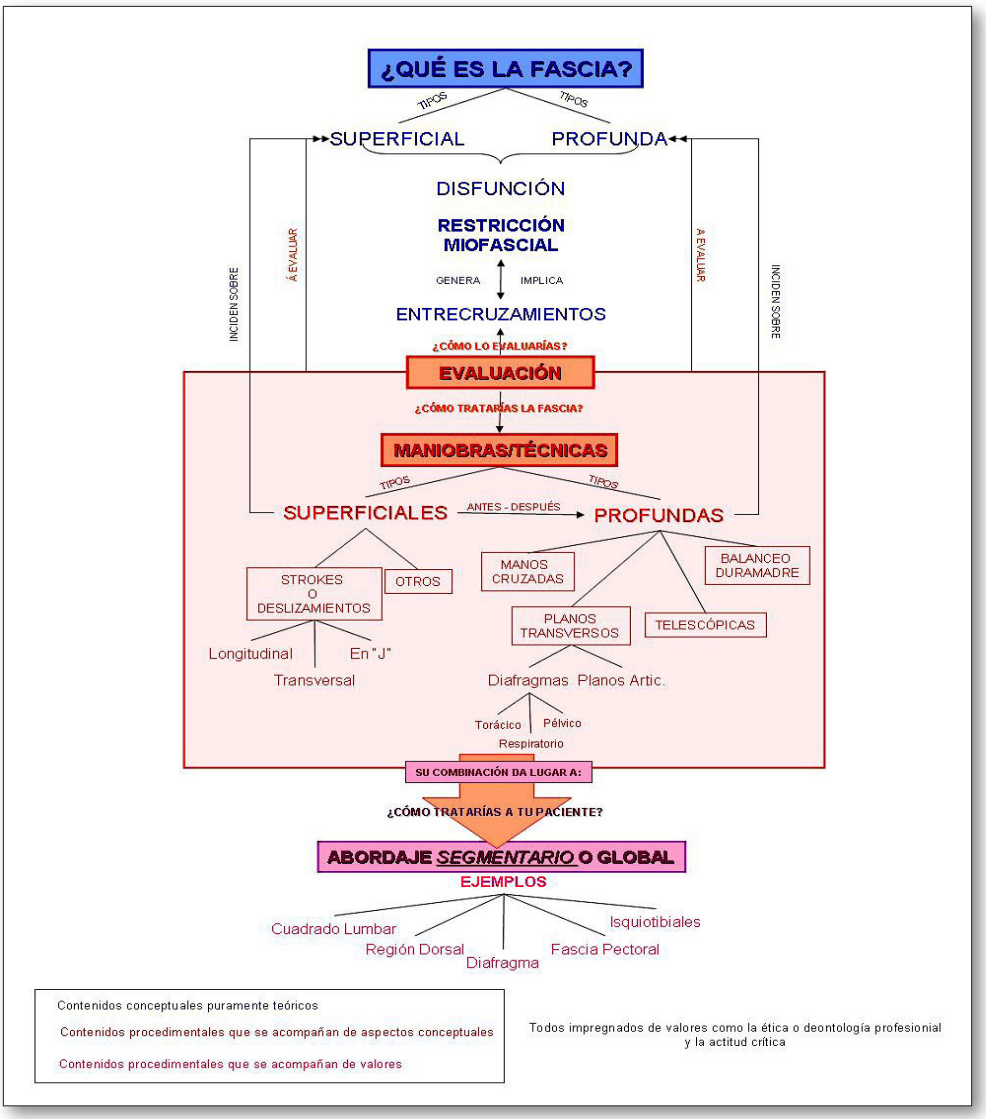


Fig. 2. Unidad de información sobre los tipos de contenidos (IF31).

Contenidos esenciales (CE)

En el cuestionario previo 9 participantes consideran que todos los contenidos tienen una importancia similar. Se citan uno detrás de otro sin hacer distinciones entre ellos (M1).

> Yo creo que todos los contenidos son igual de importantes. No es fácil realizar una jerarquía, pues debemos cubrir todo el cuerpo humano... (IF4).

Al mismo tiempo, 5 declaran que no todos los contenidos son igual de importantes y que por eso no les dedican el mismo tiempo. Sin embargo, no explican las razones para que unos sean más importantes que otros. Además, aplican este criterio solo en los conceptos (si son clases teóricas) o en los procedimientos (si son clases prácticas). Esto nos ha llevado a agruparlos en M2.

> No, no son igual de importantes. Sí, se aprecia en el tiempo empleado en cada una de las partes (IF31).

En el informe final disminuyen los participantes en M1 (de 9 a 1) y se detecta un grupo mayoritario (14) que expresan distintos grados de importancia en los contenidos, resaltando *contenidos esenciales* de carácter conceptual y procedimental, pero no en el caso de valores y actitudes (M3). Por ejemplo, el sujeto 48 en el informe final plantea (figura 3):

> El mapa de contenidos se presenta en el siguiente esquema. Consta de varias partes diferenciadas por colores. Cada color se corresponde con uno de los contenidos organizadores: Elementos, compuestos, materia, tabla periódica y reactividad (conceptos) y clasificar, ordenar e identificar propiedades (procedimientos intelectuales):

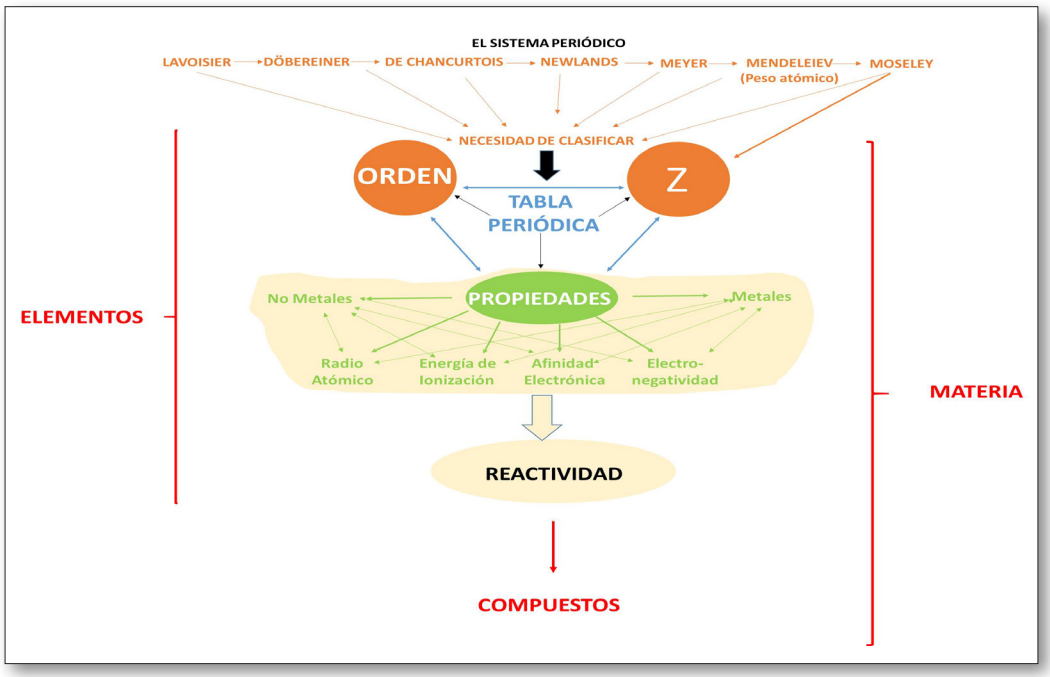


Fig. 3. Unidad de información sobre contenidos esenciales (IF48).

Interacciones entre los contenidos (IC)

Antes del curso, 14 sujetos representan los contenidos como un listado de temas sin interacciones o como un esquema donde aparecen relaciones de inclusión (el contenido a incluye *b* y *c*) (M1).

> La organización de los contenidos la he centrado en listados y esquemas donde recuerdo la lista de conceptos que vamos a tratar (IF9).

En el momento final, disminuyen los participantes situados en M1 (de 14 a 4) y la mayoría (11) expresa las conexiones entre los contenidos, elaborando mapas que reflejan cierta complejidad en la estructura del tema (M3). No obstante, predominan las relaciones inclusivas sobre las de interdepen-

dencia (*a* se explica en parte por *b* y viceversa). En las UIS ya presentadas de los sujetos 31 (figura 2) y 48 (figura 3) hay dos ejemplos donde predominan las relaciones de inclusión.

Finalmente, hay un participante que presenta un mapa con interacciones más complejas, dando lugar a un sistema integrado, propio del nivel de referencia (M4).

Relación entre contenidos y problemas (P)

Al principio, 15 sujetos no formulan problemas, casos o proyectos relacionados con los contenidos (M1). Al mismo tiempo, un participante sí utiliza el trabajo con casos, aunque no como un estudio abierto a la investigación sino como un medio para aplicar los contenidos preestablecidos (M3).

En el momento final, disminuyen los sujetos situados en M1 (de 15 a 7) y aumentan los que se sitúan en el modelo M3 (de 1 a 9). Por ejemplo:

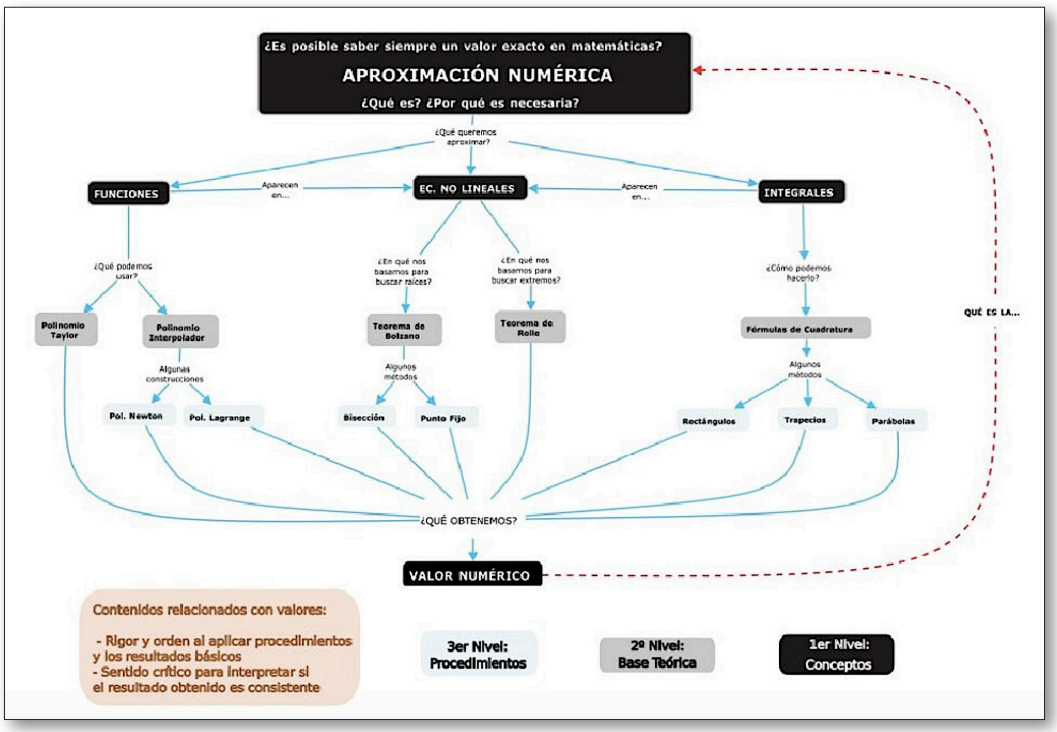


Fig. 4. Unidad de información sobre relaciones entre contenidos y problemas (IF6).

Finalmente, no hay participantes que vinculen todos los contenidos con problemas (M4).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En primer lugar, conviene señalar que los contenidos no suelen ser objeto prioritario en la formación docente. Montes y Suárez (2016) analizaron la oferta formativa del curso 2013/14 de diversas universidades españolas. Sus resultados muestran que la mayoría de los cursos se refieren al uso de las TIC, los idiomas y las metodologías de enseñanza. Probablemente, detrás de esto late la creencia de que el cambio docente es un asunto de recursos, técnicas y métodos, y donde el tratamiento de los contenidos no es una variable que necesite ser revisada. En la medida en que se atiende a los contenidos de forma tangencial, son pocos los resultados de investigación sobre la progresión del profesorado universitario en relación con este elemento curricular.

Entrando en la discusión de los resultados, y teniendo en cuenta los problemas de investigación, resaltamos que antes de empezar el curso la mayoría de los participantes consideran solo contenidos conceptuales (o procedimentales en el caso de prácticas), ignorando los contenidos vinculados a la producción del conocimiento o a las actitudes que se consideran deseables (espíritu científico, implicación social de la ciencia…), como se detecta también en los estudios de Furió y Carnicer (2002), Garmendia et al. (2014) y García y Martín (2017).

También tienden a considerar todos los contenidos con el mismo nivel de importancia, presentándolos en forma de listados o esquemas de inclusión, obviando el papel de la organización en el conocimiento disciplinar, donde hay teorías que dan sentido al conjunto y donde es imposible definir un concepto si no es en relación con otros. Resultados similares encontraron García y Martín (2017) en el modelo dominante en la muestra que investigaron.

Por último, conciben los contenidos como fines en sí mismos y no como respuestas a problemas científicos. Los participantes del estudio de Garmendia et al. (2014) expresan algo parecido, planteando que el sentido de las materias es que los estudiantes aprendan los contenidos de la disciplina, sin otorgarles ninguna funcionalidad científica (resolver problemas), y adoptando solo una funcionalidad curricular: hay que enseñarlos porque les harán falta en cursos posteriores. Los docentes no transfieren a la enseñanza su experiencia como investigadores, según la cual, los conocimientos se construyen investigando problemas científicos y son medios intelectuales para abordarlos.

Los participantes, pues, se sitúan al inicio en una perspectiva coherente con el modelo transmisivo de enseñanza, centrado en la materia y en el docente, tal como se recoge también en la amplia revisión de Amundsen y Wilson (2012). Este modelo concibe al estudiante como consumidor de conocimientos elaborados externamente y no como agente activo en su construcción.

Por el contrario, después de finalizar el curso, la mayoría incluye cierta diversidad de tipos de contenidos, selecciona los más esenciales (también en relación con procedimientos y/o actitudes), los organizan en forma de mapas para resaltar las relaciones (aunque siguen predominando las de inclusión), y los vinculan con problemas, casos o proyectos que les dan sentido (aunque predominan los problemas cerrados más que los abiertos a la investigación). Estos resultados coinciden con el cuarto modelo que detectaron García y Martín (2017), en el que los contenidos se vinculan con un modelo de resolución de problemas. Sin embargo, en el estudio de Garmendia et al. (2014) se pone de manifiesto un grado de progresión más limitado: los docentes mostraban resistencias a plantear los problemas antes de la teoría y dificultades para definir buenos problemas que guíen a los estudiantes.

En definitiva, la progresión experimentada refleja un cambio de orientación significativo hacia un modelo centrado en el estudiante, lo que aporta validez al curso. Sin embargo, no ha sido suficiente para que los sujetos alcancen el modelo constructivista de referencia (M4) (solo 2 de 16 lo alcanzan en alguna categoría). Como indican Binns y Popp (2013), la adopción de un modelo basado en la construcción del contenido implica un cambio profundo que no es fácil de fomentar en un solo curso. En el estudio de García y Martín (2017) se expresa también esta dificultad, solo 1 de los 15 sujetos plantearon una concepción de los contenidos para promover el pensamiento crítico y las habilidades de investigación. Es necesario, por tanto, ofrecer más oportunidades de formación, lo que refuerza la propuesta de fases e itinerarios del Programa FIDOP.

Resaltamos también que el cambio no ha sido de igual intensidad en todas las categorías. Según la tabla 6, ha resultado más fácil identificar los contenidos esenciales y establecer relaciones entre ellos que formular problemas, coincidiendo con los resultados de Garmendia et al., e incluir actitudes. Probablemente la primera dificultad tenga relación con la separación, ya comentada, que viven los profesores universitarios entre docencia e investigación, de tal manera que les cuesta transferir la lógica investigadora (donde es habitual trabajar con problemas) a la enseñanza. La segunda dificultad es

probable que venga del diseño del curso y pone de manifiesto la necesidad de trabajar de manera más profunda el sentido y la finalidad de la enseñanza universitaria.

Los resultados nos refuerzan dos ideas de las que partíamos inicialmente: el curso promueve un nivel significativo de cambio, pero, por sí solo, no permite alcanzar el nivel de referencia. Desde nuestro punto de vista existen tres obstáculos fundamentales en la progresión del conocimiento docente: uno psicológico, asociado a la imagen del estudiante como *vaso vacío* que hay que llenar, uno epistemológico basado en la idea de que *las disciplinas contienen un conocimiento cerrado y absoluto* y uno ideológico relacionado con *la neutralidad del conocimiento científico*. Estos resultados nos aproximan a la idea de que el curso ayuda a superar el obstáculo psicológico, pero no totalmente el epistemológico y el ideológico.

También los resultados nos cuestionan dos ideas que han estado presentes durante la investigación: que la inmensa mayoría de los participantes estarían en el modelo por transmisión directa en todas las categorías, pues aparece un cierto grado de diversidad que no contemplábamos, y que el modelo por transmisión abierto a los estudiantes tendría más importancia de la que finalmente ha tenido (tabla 6).

Por último, este estudio avala la idea de adoptar una perspectiva de progresión para analizar la mejora docente en procesos formativos, pues se ha confirmado que aparecen modelos intermedios, al igual que en los estudios de Gargallo et al. (2007), Porlán y et al. (2011) y García y Martín (2017). También refuerza la idea de formular un conocimiento docente deseable y una hipótesis de progresión (tabla 5) que permita caracterizar los estadios de los participantes antes, durante y después de los procesos formativos. No obstante, son necesarios más estudios para completar esta propuesta. En nuestro caso, estamos realizando estudios de casos con varios sujetos de la muestra un año después, incluyendo la perspectiva de los estudiantes y la observación de sus clases.

Es importante poner de manifiesto algunas limitaciones de este trabajo. Por un lado, solo hemos analizado la evolución de 16 profesores. Por otro lado, la información proviene solo de fuentes escritas y no fue posible realizar observaciones de los CIMA, previstas para un momento posterior. Hemos accedido, por tanto, al conocimiento declarativo y no al conocimiento en la acción, lo que podría complejizar los resultados obtenidos. Estas cuestiones deben ser tenidas en cuenta para que los resultados y conclusiones sean valorados con prudencia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es resultado del Proyecto de I+D+i: «La formación docente del profesorado universitario. Progresos y obstáculos de los participantes en un programa basado en ciclos de mejora de su práctica» (EDU2016-75604-P).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abell, S. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, *30*(10), 1405-1416. https://doi.org/10.1080/09500690802187041

Amundsen, C. y Wilson, M. (2012). Are we asking the right questions? A conceptual review of educational development in higher education. *Review of Educational Research*, *82*(1), 90-126. https://doi.org/10.3102/0034654312438409

Bardin, L. (1986). *El análisis del contenido*. Madrid: Akal.

Barrón, C. (2015). Concepciones epistemológicas y práctica docente. Una revisión. *Revista de Docencia Universitaria*, *13*(1), 35-56.
https://doi.org/10.4995/redu.2015.6436

Berry A., Depaepe F. y Van Driel J. (2016). Pedagogical Content Knowledge in Teacher Education. En J. Loughran y M. Hamilton (Eds.), *International Handbook of Teacher Education*, 1 (pp. 347-386). Singapur: Springer.
https://doi.org/10.1007/978-981-10-0366-0_9

Biggs, J. (2005). *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does.* 2.ª ed. Buckingham: SRHE and Open University Press.

Binns, I. C. y Popp, S. (2013). Learning to teach science through inquiry: experiences of preservice teachers. *Electronic Journal of Science Education*, *17*(1), 1-24.

Bolívar, A. y Caballero, K. (2008). Cómo hacer visible la excelencia en la enseñanza universitaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, *46*(8), 87-105.
https://doi.org/10.35362/rie4681894

Briceño, J. J., Benarroch, A. y Marín, N. (2013). Coherencia epistemológica entre ciencia, aprendizaje y enseñanza de profesores universitarios colombianos. Comparación de resultados con profesores chilenos y españoles. *Enseñanza de las Ciencias*, *31*(2), 55-74.
https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n2.741

Bromme, R. (1988). Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, *6*(1), 19-29.

Carter, K. (1990). Teachers' knowledge and learning to teach. En W. R. Houston (Ed.), *Handbook of research on teacher education* (pp. 291-310). Nueva York: Macmillan.

Chocarro de Luis, E., Sobrino, A. y González-Torres, M. C. (2013). Scholarship of Teaching and Learning: un modelo de desarrollo profesional de los profesores universitarios. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *16*(1), 5-14.
https://dx.doi.org/10.6018/reifop.16.1.179401

Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*. Londres: Routledge/ Falmer
https://doi.org/10.4324/9780203029053

Crawford, B. y Capps, D. (2016). What knowledge do teachers need for engaging children in science practices? En J. Dori, Z. Mevarech y D. Baker (Eds), *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education* (pp. 9-32). Nueva York: Springer.

Drago, C., Espejo, R. y González-Monteagudo, J. (2015). ¿Qué significa ser profesor universitario? Un enfoque a través de declaraciones de filosofía de enseñanza-aprendizaje. *Docencia Universitaria*, *16*, 87- 102.

Evens, M., Elen, J., Larmuseau, Ch. y Depaepe, F. (2018). Promoting the development of teacher professional knowledge: Integrating content and pedagogy in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, *75*, 244-258.
https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.07.001

Fraser, S. (2016). Pedagogical Content Knowledge (PCK): Exploring its Usefulness for Science Lecturers in Higher Education. *Research in Science Education*, 46 (1), 141-161.
https://doi.org/10.1007/s11165-014-9459-1

Friedrichsen, P., Van Driel, J. H. y Abell, S. K. (2011). Taking a Closer Look at Science Teaching Orientations. *Science Education*, *95*(2), 358-376.
https://doi.org/10.1002/sce.20428

Furió, C. y Carnicer, J. (2002). El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos. *Enseñanza de las Ciencias*, *20* (1), 47-73.

García, M. B. y Martín, S. S. (2017). Identificación de concepciones de profesores universitarios sobre la enseñanza y la evaluación. *Revista Docencia Universitaria*, *18*(1), 81-103.

García Díaz, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.

Gargallo, B., Fernández, A. y Jiménez, M. A. (2007). Modelos docentes de los profesores universitarios. *Teoría de la Educación*, 19 (1), 167-189. http://dx.doi.org/10.14201/teri.3256

Garmendia, M., Barragués J. I., Zuza K. y Guisasola J. (2014). Proyecto de formación del profesorado universitario de Ciencias, Matemáticas y Tecnología, en las metodologías de Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (2), 113-129. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.911

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. En A. Berry, P. Friedrichsen y J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28-42). Londres: Routledge Press.

Gibbs, G. y Coffey, M. (2004). The Impact of Training of University Teachers on their Teaching Skills, their Approach to Teaching and the Approach to Learning of their Students. *Active Learning in Higher Education*, *5*(1), 87-100. https://dx.doi.org/10.1177/1469787404040463

Gunckel, K., Covitt, B. y Salinas, I. (2018). Learning progressions as tools for supporting teacher content knowledge and pedagogical content knowledge about water in environmental systems. *Journal of Research in Science Teaching*, *55*(9), 1-23. https://doi.org/10.1002/tea.21024

Heritage, M. (2008). *Learning progressions: Supporting instruction and formative assessment*. Washington, DC: Council of Chief State School Officers.

Kember, D. y Gow, L. (1994). Orientations to Teaching and Their Effect on the Quality of Student Learning, *Journal of Higher Education*, *65*(1), 58-74. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0593-7_10

Kreber, C. (2005). Reflection on teaching and the Scholarship of teaching; foculs on science instructors. *Higher Education*, *50*(2), 523-559 http://dx.doi.org/10.1007/s10734-004-6360-2.

Krippendorff, K. (2004). *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*, 2.ª ed. Thousand Oaks, CA: Sage https://doi.org/10.1177/1094428108324513

Larkin, D. (2012). Misconceptions About «Misconceptions»: Preservice Secondary Science Teachers' Views on the Value and Role of Student Ideas. *Science teacher education*, *96*(15), 927-959. https://doi.org/10.1002/sce.21022

Martín del Pozo, R., Pineda, J. A. y Duarte, O. (2017). La formación docente del profesorado universitario. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza Universitaria, Cómo mejorarla* (pp. 23-36). Madrid: Morata.

Martín del Pozo, R., Porlán, R. y Rivero, A. (2011). The progression of prospective teachers' conceptions of school science content. *Journal of Science Teacher Education*, *22*(4), 291-312. https://doi.org/10.1007/s10972-011-9233-4

Mayring, Ph. (2014). *Qualitative content analysis. Theoretical foundation, basic procedures and software solution* (free download via Social Science Open Access Repository SSOAR). Obtenido de https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-395173

Mellado, V. (1999). La formación didáctica del profesorado universitario de ciencias experimentales. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 34, 231-241.

Mellado, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, *21* (3), 343-358.

Montes, D. A. y Suárez, C. I. (2016). La formación docente universitaria: claves formativas de universidades españolas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, *18*(3), 51-64.

Muñoz, J. (2005) *Análisis cualitativo de datos textuales con ATLAS.ti 5*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Obtenido de www.fcp.uncu.edu.ar/upload/Atlas5_manual.pdf Visitada el 10-05-2015.

Parcerisa, A. (2005): Las intenciones formativas como referencia para los materiales universitarios. En A. Parcerisa (Coord.), *Materiales para la docencia universitaria* (pp. 25-31). Barcelona: Octaedro.

Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research & Evaluation Methods*. 3.ª ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Porlán, R. (2017). *Enseñanza Universitaria. Cómo Mejorarla*. Madrid: Morata.

Porlán, R., Martín del Pozo, R., Rivero, A., Harres, J., Azcárate, P. y Pizzato, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 31-46.

Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Díada.

Porlán, R., Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemlogía de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, *15*(2), 155-171.

Rivero, A., Martín del Pozo, R., Solís, R., Azcárate, P. y Porlán, R. (2017). Cambio del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, *35*(1), 29-52. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2068

Samuelowicz, K. y Bain, J. D. (1992). Conceptions of teaching and learning held by academics. *Higher Education*, 24 (1), 93-111. https://doi.org//10.1007/BF00138620

Schneider, M. R. y Plasman, K. (2011). Science teacher learning progressions: a review of science teachers' pedagogical content knowledge development. *Review of Educational Research*, *81*(4), 530-565 https://doi.org/10.3102/0034654311423382

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4-14.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1-22.

Shulman, L. S. (1998). Course Anatomy: The Dissection and Analysis of Knowledge Through Teaching. En P. Hutchings (Ed.), *The course portfolio: how faculty can examine their teaching to advance practice and improve student learning* (pp. 5-12). Washington, D.C.: American Association for Higher Education.

Talanquer, V. (2014). Conocimiento didáctico del contenido y progresiones de aprendizaje. En A. Garritz, G. Lorenzo y S. Daza-Rosales (coords.), *Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva iberoamericana* (pp. 206-225). Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española.

UNESCO (1998). *Conferencia mundial sobre la educación superior: la educación superior en el siglo XXI. Visión y acción.* (Tomo I, pp. 1-141). Obtenido de http://unesdoc.unesco.org/images /0011/001163/116345s.pdf.

Zembal-Saul, C., Haefner, L. A., Avraamidou, L., Severs, M. y Dana, T. (2002). Web-based portfolios: A vehicle for examining prospective elementary teachers' developing understandings of teaching science. *Journal of Science Teacher Education*, *13 (4)*, 283-30. https://doi.org/10.1023/A:1022583432710

University science teachers' conceptions of contents

Ana Rivero, Soraya Hamed, Gabriela Delord, Rafael Porlán
Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales
Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
arivero@us.es, sha@us.es, gcattani l @us.es, rporlan@us.es

This work analyzes the evolution of content concepts of 16 university science professors participating in the Classroom Improvement Cycles (CIC) within the scope of the FIDOP Program (Instructor Training and Innovation Program) at the University of Sevilla. The said course seeks to *a*) provide participants with expanded content types for teaching by incorporating procedures that are typically found in the discipline and the attitudes involved; *b*) identify essential contents that structures the material; *c*) provide with tools to recognize interactions between contents and *d*) the relationship of contents with problems, thus providing them with meaning.

To analyze progressions in the aforementioned aspects, an initial questionnaire with open questions about university lecturers' teaching conceptions was used in addition to a public final report drafted by the actual participants as resulting from the design, experience and assessment of the CIC. A qualitative methodology was used and was based on the analysis of content for both instruments, which were differentiated in two phases:

– *Text Phase*, focused on the selection, coding and classification of the information units for each one of the participants' texts.

– *Conceptual Phase*, which analyzes the information.

The entire process has been triangulated, first of all based on research landscapes and then verification among research pairs.

The results show that, initially, university lecturers focus on teaching and conceive the contents as an end of their own –rather than the response to problems– thus granting the same level of importance to all and considering only the conceptual contents (or procedures in the case of practical cases), presenting them as a list without establishing any relationship among them. By the end of the training process, most include a certain degree of content types, selecting the most essential (also with regards to the process and/or attitudes), they are organized into maps that enable lecturers to underscore the relationships (although inclusion continues to be very present) and are linked to problems, cases or projects that grant meaning (even when closed problems continue to dominate the scene rather than those which are more open to research). A significant level of teaching is attained, and it is oriented towards contents that are coherent with teaching that is focused on learning, although to a variety of degrees, depending on the dimension which was analyzed.

Lastly, this study supports the idea of adopting a progression perspective to analyze improved teaching, thus confirming the presence of intermediate models between external focuses, centered on the teaching and focused on learning. Likewise, it allows us to propose a «teaching model progression hypothesis» for university science lecturers with regards to the contents so as to focus on training strategies and facilitate trainers when adapting their teaching to the participants.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 38-3 (2020), 37-53
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2852
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Modelizando la relación entre actitud hacia la ciencia y estilos de aprendizaje en Educación Secundaria

Modelling the relationship between attitude towards science and learning styles in Secondary Education

David Aguilera, F. Javier Perales-Palacios
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada (España)
davidaguilera@ugr.es, fperales@ugr.es

RESUMEN • El objetivo es analizar la relación entre actitud hacia la ciencia y estilos de aprendizaje, a través de la implementación de un modelo de ecuación estructural. Así, a partir de un diseño ex post facto, se recogieron datos referentes a la actitud hacia la ciencia (variable latente) y diagnosticaron los estilos de aprendizaje (variables observables) en una muestra de 259 alumnos de Educación Secundaria. Los resultados apuntan a la preferencia del alumnado por el estilo reflexivo, además de identificar un descenso progresivo en la actitud hacia la ciencia. Asimismo, se probó el modelo estructural que relaciona los estilos de aprendizaje con la actitud hacia la ciencia, mostrando un ajuste satisfactorio (X^2/g.l. = 1,654; RMSEA = 0,050; GFI = 0,980; y CFI = 0,990). En este sentido, parece que la preferencia por los estilos reflexivo y teórico está asociada positivamente con la actitud hacia la ciencia.

PALABRAS CLAVE: Actitud hacia la ciencia; Estilos de aprendizaje; Enseñanza de las ciencias; Modelos de ecuaciones estructurales; Psicología educativa.

ABSTRACT • The main objective of this study is to analyse the relationship between attitude toward science and learning styles, through the implementation of a structural equation model. Thus, from an ex post-facto design, data related to the attitude toward science (latent variable) were collected and learning styles were diagnosed (observable variables) in a sample of 259 students from secondary education. The results point to the preference of the students for the reflective style, in addition to identifying a progressive decrease in the attitude toward science. Likewise, the structural model that relates the learning styles to the attitude towards science was proved, showing a satisfactory adjustment (X^2/d.f. = 1.654, RMSEA = 0.050, GFI = 0.980, and CFI = 0.990). In conclusion, it seems that the preference for reflective and theoretical styles is positively associated with attitude toward science.

KEYWORDS: Attitude towards science; Learning styles; Science education; Structural equations modelling; Educational psychology.

Recepción: diciembre 2018 • Aceptación: julio 2019 • Publicación: noviembre 2020

Aguilera, D. y Perales-Palacios, F. J. (2020). Modelizando la relación entre actitud hacia la ciencia y estilos de aprendizaje en Educación Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias, 38*(3), 37-53.
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2852

INTRODUCCIÓN

Actualmente existen una serie de retos educativos que deben abordarse desde las aulas y fuera de ellas, o lo que es lo mismo, deben ser afrontadas por docentes, familias, investigadores educativos y políticos. Asimismo, en este trabajo convergen dos retos actuales descritos como urgentes por la comunidad científica, dadas las dificultades que manifiestan los docentes en su quehacer educativo. Tanto es así que este trabajo podría enmarcarse, por un lado, en aquel reto educativo destinado a responder a la diversidad de estilos de aprendizaje (en adelante, EA) y las distintas necesidades educativas del alumnado (Álvarez et al., 2002), y por otro, en aquel que se ocupa del estudio de la actitud del alumnado hacia la ciencia (en adelante, AC) en aras de identificar factores que la menoscaban, así como contribuir a su mejora (Osborne, Simon y Collins, 2003).

Las líneas de investigación descritas han experimentado un incremento del interés en los últimos años, traduciéndose en un aumento del número de estudios realizados para comprender los EA de los estudiantes (Kolb y Kolb, 2009), así como aquellos orientados a la descripción de la AC de estos, aunque los destinados a la mejora de la AC no han sufrido la misma expansión (Aguilera y Perales, 2018). Por el contrario, desembocando en el estado de la cuestión que nos atañe, existe un escaso número de estudios en los que converjan EA y AC. No obstante, se identificaron algunos que trabajaron constructos similares o estrechamente vinculados a los que aquí se proponen, todos ellos publicados en esta década, hecho que parece señalar a esta temática como incipiente.

- Consecuentemente, pueden actuar como precedentes de este trabajo los estudios realizados por:
- Jahangard, Soltani y Alinejad (2016), quienes estudian la relación entre las estrategias metacognitivas y la AC del alumnado, concluyeron que las primeras podrían predecir su atracción hacia las ciencias. En esta dirección, Kristiani, Susilo, Rohman y Aloysius (2015), hallaron que las habilidades metacognitivas del alumnado están correlacionadas con sus actitudes científicas.
- Lamb, Akmal y Petrie (2015) confirman la relación entre el interés y la autoeficacia en disciplinas STEM, la rotación mental y la visualización espacial del alumnado.
- Zeyer (2010) determina que el estilo cognitivo podría predecir la motivación del alumnado hacia las ciencias.
- Y, por último, Kant y Singh (2015) analizan la relación entre estilos de aprendizaje, las actitudes científicas y el rendimiento académico del alumnado de Educación Secundaria, de modo que aquellos que poseen un estilo de aprendizaje convergente evidencian mejores actitudes científicas y rendimiento académico en ciencias.

Consecuentemente, parece clara la relación existente entre aquellos factores afectivos, cognitivos y conductuales que se ven implicados en la AC. Por tanto, investigar cuál es el tamaño y la dirección de estas relaciones es esencial para mejorar el aprendizaje de las ciencias (Akilli y Genç, 2017). En este sentido, este trabajo pretende responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Cómo son los EA y la AC del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria?
- ¿Qué relación existe entre los EA y la AC?

Actitud hacia la ciencia

La AC se refiere a la concepción emocional que los estudiantes poseen de la ciencia: creencias, valores y sentimientos (Newell, Tharp, Moreno, Zientek y Vogt, 2015). Por ende, la AC puede definirse como la disposición, inclinación o tendencia positiva o negativa que el alumnado evidencia hacia el aprendizaje de las ciencias (Koballa y Glynn, 2007). Tanto es así que la implicación de aspectos afectivos, además

de aquellos de naturaleza cognitiva y conductual, convierten a la AC en un constructo complejo y multifacético (Newell et al., 2015).

La interacción de componentes afectivos (principalmente), cognitivos y conductuales en la formación de la AC que experimenta el alumnado, está moderada por múltiples factores, tanto intrínsecos como extrínsecos al estudiante (Osborne et al., 2003). Así, los moderadores que más estudios han acaparado son el sexo, la edad y el curso del alumnado (Potvin y Hasni, 2014). Además, otros estudios han evidenciado la influencia de la estrategia de enseñanza-aprendizaje utilizada en la clase de ciencias (Aguilera y Perales, 2018), el rendimiento académico (Caleon y Subramaniam, 2008) o el nivel de desarrollo del país en el que reside el estudiante (Sjøberg y Schreiner, 2010).

Por otra parte, se ha comprobado la influencia en el desarrollo de actitudes positivas hacia las ciencias de la dificultad percibida por el alumnado durante el aprendizaje de aquellas, sus competencias científicas y la ocupación de sus padres (Chi, Wang, Liu y Zhu, 2017). En este sentido, sería deseable un mayor número de estudios que analicen la interacción entre afecto, cognición y conducta. Situación que experimenta el alumnado en la formación de su AC y cuya consideración podría contribuir a paliar el deterioro que esta sufre a lo largo de su escolarización en primera instancia, así como a mejorar el aprendizaje de las ciencias en última instancia (Akilli y Genç, 2017).

Estilos de aprendizaje

Actualmente se están produciendo constantes avances en el conocimiento del cerebro humano (p. ej., OCDE, 2009) que se están trasladando al ámbito de la educación, surgiendo con fuerza la disciplina conocida como «neuroeducación» (Bueno y Forés, 2018), no obstante, los puentes entre ambas disciplinas son aún débiles (OCDE, 2009, p. 198). En cualquier caso, la postura que nuestro trabajo adopta es que, frente a las funciones generales del cerebro que participan en el aprendizaje, es posible modelizar algunas tendencias de actuación comunes que permiten describir los denominados estilos de aprendizaje. Estilos que no se encuadrarían dentro de los llamados «neuromitos», como los estilos de aprendizaje cerebro izquierdo/cerebro derecho (OCDE, 2009, p. 225).

Si analizamos lingüísticamente y de forma aislada el término «estilo de aprendizaje», podemos definirlo como aquellos rasgos que caracterizan el modo en que una persona aprende (Marín-García, 2002). Desde una perspectiva más profunda, el EA puede definirse como el conjunto de características cognitivas, afectivas y fisiológicas que evidencia un individuo cuando se enfrenta a una situación de aprendizaje (Alonso, Gallego y Honey, 1994). En relación con esto, es importante remarcar la concepción del EA como una característica personal, que presenta cierta estabilidad y consistencia temporal (Marín-García, 2002). Consecuentemente, entender el EA como el modo en el que un estudiante se enfrenta a la tarea de aprender (Moya, Hernández, Hernández y Cózar, 2011) nos lleva a considerar el rol activo que adopta este al elaborar su propio aprendizaje (Armstrong, Cools y Sadler-Smith, 2012). De este modo, uno de los principales objetivos del diagnóstico de los EA, tarea que puede realizarse a partir de diferentes teorías y herramientas, es mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Diago, Cuetos y González, 2018).

A nivel divulgativo, se mencionan distintos estilos de aprendizaje según diferentes criterios. Se describen entonces como principales estilos los sistemas de representación visual, auditivo, kinestésico, lectura/escritura y multimodal.[1]

En este trabajo abordaremos el estudio de los EA del alumnado atendiendo a sus características y siguiendo para ello el modelo propuesto por Honey y Mumford (2006), en el que se pueden distinguir cuatro tipos de EA: activo, reflexivo, teórico y pragmático (tabla 1). Este modelo entiende el

1. https://www.estilosdeaprendizaje.org/

aprendizaje como un proceso cíclico donde el aprendiz tiene que experimentar (activo), reflexionar sobre el problema cognitivo que plantea el experimento (reflexivo), formular hipótesis (teórico) y aplicar lo aprendido de manera eficaz a otros problemas que pudieran surgir (pragmático). Por tanto, un alumno puede mostrar una preferencia más o menos alta por las distintas fases del proceso descrito.

Tabla 1.
Definiciones y características de los EA. Fuente: Alonso et al. (1994) y Alonso (1992).

EA	*Definición*	*Características*
Activo	Las personas que prefieren este EA muestran implicación y entusiasmo en las tareas novedosas. Suelen afrontar las experiencias nuevas como un reto, aunque no les agradan los plazos, ni aquellas cuestiones que perciban como rígidas o estrictas.	Animadores, improvisadores, descubridores, espontáneos, creativos, aventureros, líderes, resolutivos y dinámicos.
Reflexivo	Siempre contemplan diferentes perspectivas, aglutinando la mayor cantidad de datos y analizándolos con detenimiento. Suelen actuar con prudencia y escuchar a los demás antes de actuar.	Analíticos, observadores, recopiladores, pacientes, perfeccionistas, argumentadores, distantes e indagadores.
Teórico	Se preocupan por conocer en profundidad las cuestiones a la que se enfrentan, realizando unas observaciones detalladas e implementando la lógica en la resolución de sus problemas.	Sistemáticos, lógicos, objetivos, críticos, disciplinados, ordenados y sintéticos.
Pragmático	Suelen buscar la parte práctica de las cuestiones a la que se enfrentan, prevaleciendo su intuición e iniciativa en las distintas situaciones a la que se enfrentan.	Experimentadores, prácticos, directos, impacientes, concretos y seguros de sí mismos.

MÉTODO

Objetivos

Los objetivos de este estudio son: (1) describir la actitud hacia la ciencia y los estilos de aprendizaje del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO); (2) analizar la relación entre los estilos de aprendizaje del alumnado y su actitud hacia la ciencia mediante un modelo de ecuación estructural; y (3) evaluar la invarianza del modelo propuesto ante el sexo del alumnado.

Participantes

En este trabajo participó el alumnado de un instituto público de una localidad andaluza. Así, participaron todos los alumnos que cursaban la ESO (N = 259) con una edad media de 13,78 años, la distribución del alumnado según sexo y curso se muestra en la tabla 2.

La selección de los participantes fue por conveniencia, dado que el estudio se realizó en el marco de un proyecto de investigación regulado a partir de las instrucciones del 14 de febrero de 2017 de la Dirección General de Innovación de la Junta de Andalucía, «para la participación de los centros docentes públicos no universitarios en intervenciones en el ámbito de la innovación y la investigación educativa realizadas en colaboración con las universidades andaluzas». Por tanto, este trabajo se ajusta a las exigencias éticas relacionadas con la labor investigadora.

Tabla 2.
Datos de los participantes por sexo y curso.

Nivel educativo	*Alumnas (%)*	*Alumnos (%)*	*Total (%)*
1.º ESO	28 (10,8)	29 (11,2)	57 (22)
2.º ESO	30 (11,6)	24 (9,3)	54 (20,9)
3.º ESO	43 (16,6)	42 (16,2)	85 (32,8)
4.º ESO	28 (10,8)	35 (13,5)	63 (24,3)
Total	129 (49,8)	130 (50,2)	259 (100)

Diseño

Se desarrolló un estudio ex post facto de carácter transversal (Latorre, del Rincón y Arnal, 1996), en el que se consideraron variables sociodemográficas (sexo y curso), la actitud hacia la ciencia (variable latente y dependiente) y los estilos de aprendizaje (variables observables e independientes). Así, se implementó una modelización a partir de ecuaciones estructurales (SEM, por sus siglas en inglés), permitiéndonos combinar teoría y datos estadísticos y, a su vez, valorar en qué medida se ajusta el modelo teórico a los resultados obtenidos (Byrne, 2010).

Instrumentos

A continuación, se describen los instrumentos utilizados:

1. La actitud hacia la ciencia se midió con el cuestionario SSAQ (School Science Attitude Questionnaire) adaptado y validado en español por Aguilera y Perales (2019). El cuestionario incluye 20 ítems con una escala Likert de 1 a 5 (totalmente en desacuerdo, en desacuerdo, parcialmente de acuerdo, de acuerdo, totalmente de acuerdo), divididos en cuatro dimensiones:
   a) Autoeficacia (ítems: 4, 10, 14, 15, 19*).
   b) Interés y disfrute (ítems: 1, 7, 8*, 11, 17).
   c) Conexión con la vida diaria (ítems: 2, 3, 12, 16, 20*).
   d) Importancia para el estudiante (ítems: 5*, 6, 9, 13, 18).

   Un ítem de cada dimensión (marcado con *) tuvo una connotación negativa, de manera que fue codificado a la inversa a fin de establecer una escala de valor para cada una ellas, cuyas puntuaciones se comprenden entre 5 (baja) y 25 (alta). Así, este instrumento dio lugar a la creación de una variable latente (actitud hacia la ciencia) medida a partir de las cuatro dimensiones descritas (variables observables). En relación con la consistencia interna del instrumento, el alfa de Cronbach (α = ,89) obtenido para este estudio evidencia una fiabilidad adecuada.
2. Los estilos de aprendizaje del alumnado se diagnosticaron a través del CHAEA-Junior (Sotillo-Delgado, 2014), el cual está validado por juicio de expertos y estadísticamente, ofreciendo una consistencia interna de 0,70 en la investigación citada. El instrumento consta de 44 cuestiones dicotómicas, de manera que cada alumno puede obtener una puntuación entre 0 y 11 para cada estilo de aprendizaje: activo, reflexivo, teórico y pragmático. Por tanto, los estilos de aprendizaje se tomaron como variables observables en este estudio.

Procedimiento de recogida y análisis de datos

Tras la aprobación del estudio por parte de la Administración educativa, el consejo escolar del centro educativo y los tutores legales del alumnado, se procedió a recoger los datos. Este proceso tuvo lugar entre los meses de diciembre de 2017 y enero de 2018.

Los cuestionarios se suministraron a los estudiantes en su clase habitual, en ausencia del docente y siempre bajo la supervisión del mismo investigador. El procedimiento fue el mismo para las once clases a las que se accedió, consistiendo en: (1) explicación de los objetivos de cada instrumento y modo en el que debían cumplimentarse; (2) reparto de cuestionarios; (3) lectura de los documentos y consulta de dudas; (4) resolución de dudas; y (5) cumplimentación de los cuestionarios, tarea que ocupó entre 12 y 15 minutos.

El análisis estadístico se realizó con IBM SPSS Statistics 20.0 y AMOS 24.0. Primero de todo, se calcularon medias, desviaciones típicas (DT), asimetrías y curtosis para cada variable observable. Además, se aplicaron las pruebas no paramétricas U de Mann Whitney y Kruskal Wallis para analizar las diferencias en cada variable según sexo y curso. Ello responde a las recomendaciones estadísticas actuales, las cuales señalan el mejor ajuste de las pruebas no paramétricas a la naturaleza de los datos ordinales y la igualdad de potencia estadística con las pruebas paramétricas sobre muestras elevadas. También se calculó el coeficiente de Mardia para valorar la normalidad multivariada y se ejecutaron los test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y esfericidad de Bartlett para comprobar la adecuación de los datos al análisis factorial confirmatorio (AFC) realizado al factor latente de actitud hacia la ciencia, además de correlaciones bivariadas para analizar la multicolinealidad de aquellos.

Tras los análisis previos, se procedió a la ejecución de un «modelo estructural» (SEM) para analizar las relaciones existentes entre las variables consideradas en este estudio. De este modo, los estilos de aprendizaje (EA) (activo, pragmático, reflexivo y teórico) actúan como variables exógenas en el modelo mostrado en la figura 1, mientras el factor latente de actitud hacia la ciencia (AC) actúa como variable endógena. Asimismo, en este análisis se empleó el método de máxima verosimilitud.

La evaluación del ajuste del modelo teórico propuesto se realizó a partir de varios índices según la interpretación propuesta por Schermelleh-Engel, Moosbrugger y Müller (2003), la cual se muestra en la tabla 3.

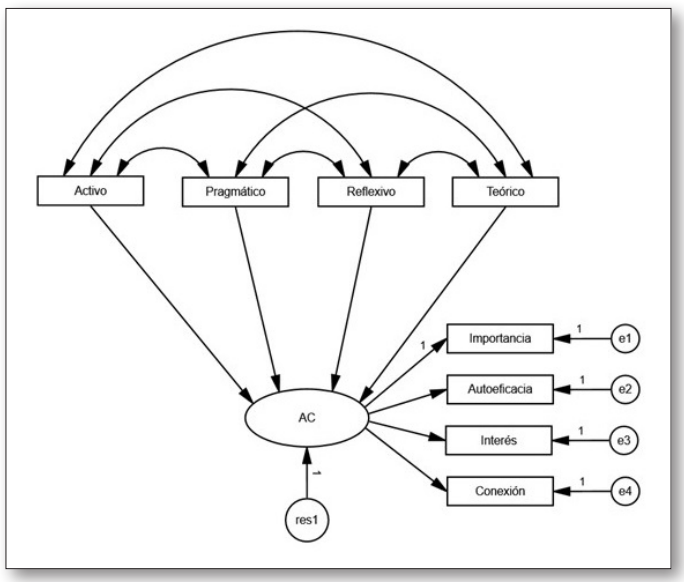


Fig. 1. Modelo propuesto para relacionar los EA y AC.

Tabla 3.
Interpretación de índices de ajuste. Adaptado de Schermelleh-Engel et al. (2003).

Índice de ajuste	*Ajuste perfecto*	*Ajuste aceptable*
Valor p. de X^2	,05 < p. ≤ 1	,01 < p. ≤ ,05
X^2/g.l.	0 ≤ X^2/g.l. ≤ 2	2 ≤ X^2/g.l. ≤ 3
RMSEA	0 ≤ RMSEA ≤ 0,05	0,05 ≤ RMSEA ≤ 0,08
GFI	0,95 ≤ GFI ≤ 1	0,90 ≤ GFI ≤ 0,95
CFI	0,97 ≤ CFI ≤ 1	0,95 ≤ CFI ≤ 0,97
AIC	el valor más bajo en modelos comparados	

Finalmente, la invarianza del modelo se realizó a través de un análisis multigrupo en AMOS y se evaluó de acuerdo a las especificaciones de Cheung y Rensvold (2002). Así, para determinar la equivalencia de los modelos anidados (restringidos progresivamente) se atendió a que la varianza del índice de ajuste CFI del modelo menos restringido con aquellos más restringidos no fuese superior a 0,01.

RESULTADOS

Análisis previos

Se realizó un análisis descriptivo de las variables consideradas en este estudio, el cual se muestra en las tablas 4 (análisis global) y 5 (análisis según sexo y curso del alumnado).

Tabla 4.
Estadísticos descriptivos para las variables estudiadas (N = 259).

Variable	*Media (DT)*	*Asimetría*	*Curtosis*
Activo	5,15 (1,92)	-0,131	-0,533
Pragmático	4,90 (1,99)	0,116	-0,344
Reflexivo	6,66 (2,39)	-0,189	-0,558
Teórico	6,61 (2,16)	-0,088	-0,689
Importancia	18,40 (3,53)	-0,512	-0,166
Autoeficacia	14,90 (3,55)	-0,093	-0,357
Interés	18,21 (4,42)	-0,726	0,384
Conexión	15,88 (3,58)	-0,035	-0,311

Los resultados obtenidos para los EA apuntan a que, generalmente, el alumnado muestra mayor preferencia por el estilo reflexivo y teórico, mientras que el estilo pragmático es el que obtiene la media más baja en la muestra analizada. Por otro lado, las puntuaciones medias obtenidas en «Importancia» (que el alumno otorga a la ciencia escolar), «Interés» (y disfrute que el alumno experimenta en las clases de ciencias) y «Conexión» (de los contenidos de ciencias con la vida diaria del alumnado) podrían interpretarse como valores medianamente aceptables si atendemos a la escala de valor establecida. No obstante, conviene observar que la DT en el interés y disfrute del alumnado supera casi en un punto a aquellas obtenidas para el resto de dimensiones destinadas a la medición de la actitud hacia la ciencia. Así, podría afirmarse que la variable «Interés» tiene mayor amplitud y diversidad en los datos recogidos. La situación

contraria se presenta en la «Autoeficacia» que manifiesta el alumnado en el aprendizaje de las ciencias, pues el valor medio 14,90 apunta a que el alumnado posee una percepción negativa de sus habilidades y conocimientos para tener éxito en el estudio de las ciencias.

Tabla 5.
Medias de las variables según sexo y curso.

	Sexo		*Curso*			
Variable	Masculino	Femenino	*1.º*	*2.º*	*3.º*	*4.º*
Activo	5,36	4,93	5,19	5,50	5,08	4,89
Pragmático	6,60	6,73	5,04	5,69	4,46	4,70
Reflexivo	6,63	6,58	7,25	7,02	5,96	6,78
Teórico	5,11	4,69	7,23	6,98	6,06	6,46
Importancia	18,22	18,57	19,56	18,20	17,96	18,09
Autoeficacia	14,84	14,94	16,56	14,25	13,94	15,22
Interés	18,38	18,03	20,43	17,87	16,98	18,14
Conexión	16,09	15,66	16,63	16,11	14,82	16,42

Por un lado, el análisis de las variables según el sexo del alumnado arroja datos muy similares en todas las variables entre ambos sexos (tabla 5). Tanto es así, que la prueba U de Mann-Whitney no identificó diferencias significativas en ninguna de las variables estudiadas.

Por otro lado, si atendemos a las cuatro últimas columnas de la tabla 5 podemos observar las puntuaciones obtenidas por el alumnado en las variables referentes a EA y AC según el curso. En este sentido, las preferencias del alumnado por los EA, ya identificadas en la tabla 4, parecen mantenerse en todos los cursos de la ESO por este orden: reflexivo, teórico, activo y pragmático. Sin embargo, el grado de preferencia del alumnado fluctúa en los distintos cursos que componen la ESO, hecho que corrobora la prueba de Kruskal Wallis al identificar diferencias significativas en los estilos reflexivo (X^2 = 9,487, p. = ,023), teórico (X^2 = 11,190, p. = ,011) y pragmático (X^2 = 13,340, p. = ,004).

En relación a la AC, el análisis de las cuatro dimensiones que la componen según el curso evidencia dos cuestiones llamativas: (1) los valores medios obtenidos para cada curso en la variable «Importancia» tienen un fluctuación considerablemente menor respecto al resto de las variables del constructo AC; y (2) el decremento paulatino de las puntuaciones medias en «Importancia», «Autoeficacia», «Interés» y «Conexión» parece repuntar en el cuarto curso de ESO. Esta situación podría encontrar explicación en la libre elección del alumnado en el último curso de la ESO por cursar asignaturas propias de las ciencias sociales, las humanidades o las ciencias. Clarificados ambos hallazgos, hemos de destacar que se obtuvieron diferencias significativas según el curso para las variables «Autoeficacia» (X^2 = 19,984, p. < ,001), «Interés» (X^2 = 23,230, p. < ,001) y «Conexión» (X^2 = 9,825, p. = ,020).

Finalmente, los últimos análisis previos se destinaron a comprobar la adecuación de los datos al análisis SEM. Por ende, primero, y acorde a las sugerencias de Cupani (2012) se comprobaron los supuestos de normalidad uni- y multivariada y la multicolineidad entre las variables insertadas en el modelo expuesto en la figura 1; posteriormente, siguiendo las recomendaciones de Byrne (2010) se realizó un AFC de la variable latente AC.

Respecto a los supuestos de normalidad, se comprobó la normalidad univariada a partir de los valores de asimetría y curtosis obtenidos en cada variable (Tabla 4), encontrándose todos ellos en el rango (-1,1), que según Ferrando y Anguiano-Carrasco (2010) son signo de aproximación a la normalidad. Asimismo, el coeficiente de Mardia obtenido (1,966) evidencia el cumplimiento del supuesto de nor-

malidad multivariada, según el criterio establecido por Ullman (2006). Además, se ha comprobado la ausencia de redundancia entre las variables estudiadas, dado que los valores *r* de Pearson fueron inferiores a ,85 en todas las combinaciones (Kline, 2005).

En cuanto al AFC, primero, los valores obtenidos en KMO (,817) y en la prueba de esfericidad de Bartlett (X^2 = 576,695, p. < ,001) apuntan a la adecuación de los datos para la realización de un análisis factorial (Ferrando y Anguiano-Carrasco, 2010). Después, los índices de ajuste arrojados parecen satisfactorios: X^2 = 3,442 (p. = ,179); X^2/g. l. (grados de libertad) = 1,721; RMSEA = 0,053; GFI = 0,994; y CFI = 0,997.

Modelización

Tras los análisis previos, se inició el proceso de modelización siguiendo las fases propuestas por Kline (2005), de manera que tras la especificación del modelo (figura 1) se identificó este (g.l. > 0), se estimaron los parámetros y se evaluó el ajuste. Después, a fin de mejorar el ajuste del modelo estructural propuesto, atendiendo a los fundamentos teóricos y evitando cualquier artificialidad, se reespecificó el modelo inicial a partir de «índices de modificación». A continuación, se muestra la evaluación comparada del ajuste del modelo inicial y final (tabla 6) y los parámetros del modelo final (figura 2 y tabla 7).

Tabla 6.
Evaluación del ajuste para los modelos inicial y final

Índice de ajuste	*Modelo inicial*	*Modelo final*
Valor p. de X^2	,005	,064
X^2/g.l.	2,242	1,654
RMSEA	0,069	0,050
GFI	0,971	0,980
CFI	0,980	0,990
AIC	75,383	67,500

Los resultados del modelo inicial expresan un ajuste que podría ser aceptado bajo las condiciones de Barret (2007). Así, a pesar de que presenta un nivel de probabilidad significativo para X^2 cuando no debería ser así, el resto de índices de ajuste absoluto (X^2/g. l. y GFI), relativo (CFI) y parsimonioso (RMSEA) presentan valores aceptables (tabla 6). No obstante, se evaluaron los índices de modificación obtenidos en el análisis a fin de obtener un valor p. de X^2 que nos permitiera aceptar el modelo propuesto. Por tanto, pareció plausible considerar la relación entre el estilo teórico y la importancia que otorga el alumnado a la ciencia escolar.

La modificación introducida en el modelo final encuentra fundamento en la «Teoría de la Relevancia» (Sperber y Wilson, 2004), pues la importancia puede explicarse a partir del efecto cognitivo causado en un individuo por una información determinada y del esfuerzo destinado por este al procesamiento de aquella. Todo ello se encuentra estrechamente vinculado a las habilidades cognitivas, afectivas y procedimentales del alumnado, de modo que Akilli y Genç (2017) relacionan directamente las habilidades de resolución de problemas con el valor que el alumnado pueda otorgar a la ciencia escolar. Consecuentemente, si atendemos a las características de aquellos alumnos que prefieren el estilo teórico (tabla 1) parecería lógico que estos valorasen en mayor medida la ciencia escolar que el resto.

Tanto es así que la modificación realizada conduce a la aceptación del modelo (p. de X^2 > ,05) y a la mejora del ajuste de este a los datos recogidos, pues todos los índices de ajuste mejoraron en el modelo

final respecto al inicial (tabla 6). Además, el modelo final (figura 2) presenta un valor del índice AIC (67,500) menor que aquel obtenido en el modelo inicial (75,383).

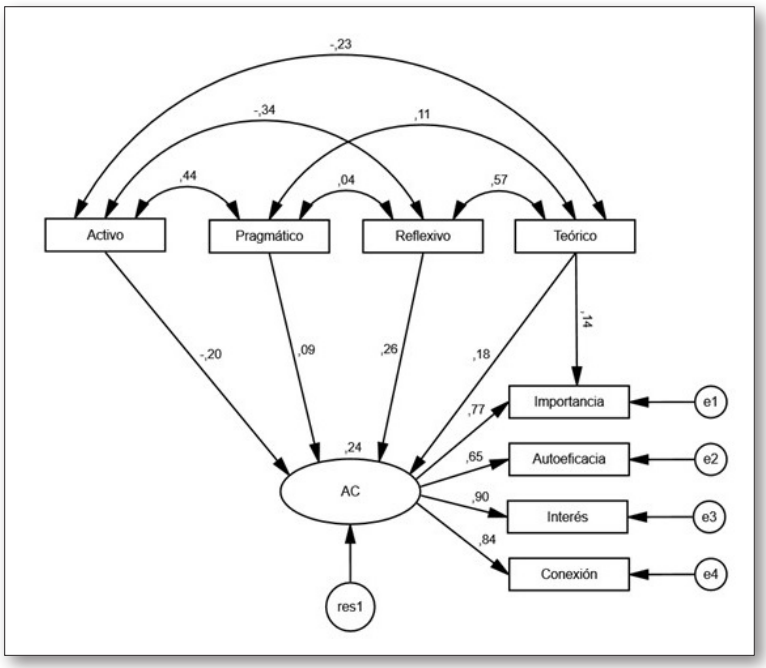


Fig. 2. Representación visual con estimaciones estandarizadas del modelo final.

Se observaron correlaciones estadísticamente significativas (p. < ,05) entre los EA activo, reflexivo y teórico, de forma que los estilos reflexivo y teórico mantienen una asociación positiva (r = 0,570), mientras que la relación de estos con el estilo activo es inversa (r = -0,344 y r = -0,232, respectivamente). Por el contrario, el estilo pragmático solo evidenció una asociación significativa, en este caso positiva, con el estilo activo (r = 0,441). Asimismo, se hallaron relaciones estadísticamente significativas entre los estilos activo, reflexivo y teórico con la AC (r = -0,205, r = 0,255 y r = 0,177, respectivamente), mientras el estilo pragmático parece ser inocuo en cuanto a su incidencia en la AC del alumnado se refiere (r = 0,094, p. > ,05). Todo ello, arroja un valor del 24 % de la varianza explicada por los EA para la AC.

Tabla 7.
Estimaciones no estandarizadas (N. E.) y estandarizadas (E.) del modelo final.

Relación entre variables			*N. E. Estimación*	*S. E.*	*C. R.*	*p.*	*E. Estimación*
Activo	->	AC	-0,291	0,102	-2,862	,004	-0,205
Pragmático	->	AC	0,130	0,092	1,408	,159	0,094
Reflexivo	->	AC	0,291	0,085	3,425	,001	0,255
Teórico	->	AC	0,224	0,092	2,423	,015	0,177
Importancia	<-	AC	1,000	-	-	-	0,773
Autoeficacia	<-	AC	0,851	0,079	10,728	,001	0,655
Interés	<-	AC	1,463	0,096	15,231	,001	0,904

Relación entre variables			*N. E. Estimación*	*S. E.*	*C. R.*	*p.*	*E. Estimación*
Conexión	<-	AC	1,100	0,077	14,336	,001	0,839
Importancia	<-	Teórico	0,222	0,069	3,195	,001	0,136
Pragmático	<->	Activo	1,683	0,259	6,486	,001	0,441
Pragmático	<->	Reflexivo	0,167	0,296	0,565	,572	0,035
Pragmático	<->	Teórico	0,459	0,269	1,706	,088	0,107
Reflexivo	<->	Activo	-1,580	0,302	-5,227	,001	-0,344
Reflexivo	<->	Teórico	2,945	0,370	7,951	,001	0,570
Teórico	<->	Activo	-0,962	0,265	-3,626	,001	-0,232

Nota: S. E.: Estimación del error; C. R.: Ratio Crítico; p.: nivel de probabilidad.

Análisis de la invarianza según el sexo

Una vez se estableció el modelo estructural (figura 2), se procedió al análisis de su invarianza según el sexo del alumnado, dado que la muestra objeto de estudio presentaba un balance equilibrado entre alumnos (N = 130) y alumnas (N = 129). Así, el análisis de la invarianza partió de la evaluación del ajuste del modelo de línea base (sin restricciones) sobre ambos subgrupos, al cual se le asociaron una serie de modelos anidados que fueron evaluados conforme a la ΔCFI (tabla 8). Las restricciones realizadas en los distintos modelos anidados obedecen al siguiente orden: (1) restricciones sobre las cargas factoriales; (2) restricciones sobre los interceptos; (3) restricciones sobre las covarianzas; y (4) restricciones sobre los valores residuales.

A la luz de los resultados mostrados en la tabla 8, se puede considerar que el modelo propuesto se ajusta correctamente a ambos sexos, pues todos los modelos anidados mostraron un ajuste adecuado a los datos y la ΔCFI no excedió en ningún caso el valor de 0.01. Por tanto, siguiendo a Byrne (2008) podemos afirmar que el modelo establecido para relacionar EA y AC cumple una invarianza estricta, ya que existe invarianza de las cargas factoriales, los interceptos, las covarianzas y los valores residuales.

Tabla 8.
Evaluación de la invarianza según el sexo del alumnado.

Modelo	*X^2*	*g. l.*	*p.*	*RMSEA*	*GFI*	*CFI*	*ΔCFI*
Modelo sin restricciones	26,779	26	,421	0,011	0,975	0,999	-
Invarianza métrica	29,131	29	,458	0,009	0,973	1,000	0,001
Invarianza factorial	38,214	34	,284	0,022	0,926	0,995	0,005
Covarianza estructural	51,143	44	,214	0,025	0,923	0,992	0,003
Valores residuales	60,134	49	,132	0,030	0,920	0,987	0,005

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo aborda la AC y los EA del alumnado de ESO, mostrando un análisis descriptivo e inferencial (SEM) de ambas variables a fin de cubrir los objetivos propuestos.

Los descriptivos básicos referentes, por un lado, a los EA evidenciaron una preferencia, generalizada para ambos sexos y distintos cursos de la ESO, por el estilo reflexivo. Hecho que se corresponde con los hallazgos aportados por Gómez-Ruiz y Gil-López (2018) y la tendencia mostrada en la revisión de Bahamón, Vianchá, Alarcón y Bohórquez (2012). Además, no se encontraron diferencias significativas según el sexo del alumnado para los EA, al igual que en el estudio de Úbeda y Escríaxiñe (2002) (citado en Bahamón et al., 2012). Sin embargo, sí existieron diferencias significativas para los EA en cuanto el curso, hecho que refrenda la adaptación por parte del alumnado a las exigencias de cada nivel educativo (Bahamón et al., 2012).

Por otro lado, los principales hallazgos obtenidos sobre la AC del alumnado de ESO parecen ir en sintonía con investigaciones anteriores. En este sentido, según los datos mostrados en la tabla 5, la AC del alumnado desciende según este avanza de nivel educativo (Said, Summers, Abd-El-Khalick y Wang, 2016; Vázquez y Manassero, 2008). Sin embargo, resulta reseñable el hecho de que el alumnado de ESO valore la importancia de la ciencia escolar con la misma intensidad (las diferencias según el curso fueron mínimas). Hecho que podría explicarse a partir de la aportación de Jenkins y Nelson (2005), quienes identifican que el alumnado reconoce la importancia de la ciencia, pero que a pesar de ello suelen optar por cursar estudios superiores alejados de esta. Además, se identificó que el nivel de actitud hacia la ciencia fue similar en alumnos y alumnas (Gómez-Montilla y Ruiz-Gallardo, 2016). No obstante, la discusión de la comunidad científica sobre la influencia del sexo en la AC del alumnado está lejos del consenso (Osborne et al., 2003). De modo que otros sí hallaron diferencias en la AC conforme al sexo del alumnado (Smith, Pasero y McKenna, 2014), lo cual podría responder a la imagen de la ciencia que se transmite en libros, películas, programas televisivos o artículos periodísticos (Salta y Tzougraki, 2004).

La relación entre las variables consideradas (AC y EA) parece lógica si atendemos a los vínculos que existen en ambos constructos, pues tanto la AC (Koballa y Glynn, 2007) como los EA (Alonso et al., 1994) poseen componentes afectivos y emotivos. De acuerdo con ello, el modelo estructural (figura 2) propuesto para relacionar los EA con la AC del alumnado presenta un ajuste satisfactorio a los datos. Por tanto, la transposición teórico-práctica del modelo parece plausible, más si cabe, si tomamos como referencia el estudio de Kant y Singh (2015) en el que se identificó una correlación positiva entre el EA convergente del alumnado (término utilizado por Kolb en la «Teoría del aprendizaje experiencial», que podría corresponderse con el estilo reflexivo propuesto por Honey y Mumford) y sus actitudes científicas. En este sentido, habría que remarcar que las actitudes científicas del alumnado hacen referencia a características cognitivas acordes a la idiosincrasia del científico y vinculadas, consecuentemente, al método científico (Vázquez y Manassero, 1995). Asimismo, el modelo estructural propuesto corrobora los atisbos apuntados por Dhindsa y Salleh (2018), quienes intuyeron la incidencia de los EA en la AC del alumnado al identificar el deterioro progresivo de esta independientemente de si el entorno escolar era coeducativo o no. Consecuentemente, dicho estudio parece complementar los argumentos actuales dirigidos a explicar el deterioro de la AC del alumnado (Osborne et al., 2003; Vázquez y Manassero, 2008). En definitiva, a la luz de los resultados obtenidos y los hallazgos discutidos, el modelo estructural planteado establece una relación causal entre EA y AC coherente y fundamentada, además de presentar cierta estabilidad a determinadas características del alumnado (en este caso se probó la invarianza del modelo ante el sexo del alumnado).

Todo lo discutido, nos conduce a tres conclusiones principales: (1) en relación a los EA, el estilo reflexivo es el de mayor preferencia para el alumnado de ESO. En cuanto a la AC, a pesar de constatar el deterioro progresivo de la AC del alumnado en la etapa educativa estudiada, parece que el alumnado considera importante la ciencia escolar para ellos mismos y para la sociedad; (2) el modelo estructural propuesto evidencia una relación causal factible entre EA y AC, en la que los estilos reflexivo y teórico parecen estar condicionando positivamente la AC del alumnado, mientras que una mayor preferencia

del estilo activo podría predisponer al alumno a experimentar una AC menos favorable; y (3) el modelo estructural establecido es invariante al sexo del alumnado.

En cuanto a las implicaciones educativas, hemos de atender a la conclusión general que se deriva, pues a la luz de los resultados sería lógico ocuparse del diagnóstico de los EA del alumnado a fin de diseñar intervenciones educativas más efectivas en cuanto al desarrollo de actitudes positivas hacia el aprendizaje de la ciencia. En este sentido, el trabajo de revisión de Kanadli (2016) concluyó que una intervención educativa, fundamentada en el diagnóstico de los EA del alumnado y preocupada por atender a las características propias de cada EA, podría incidir en las actitudes que el alumnado experimenta hacia el estudio de diferentes materias independientemente de su naturaleza (científica, matemática, artística…). Siguiendo a Vázquez-Bernal, Jiménez-Pérez y Mellado (2019), es preciso destacar cómo el conocimiento de los obstáculos que el alumnado encuentra en el proceso de aprendizaje descansa sobre unas teorías personales sobre cómo aprenden y la naturaleza de los obstáculos por parte del profesorado, lo que hace recomendable formarlo en los estilos de aprendizaje predominantes entre sus alumnos.

Montgomery y Groat (1998), ante la pregunta de ¿por qué incorporar los estilos de aprendizaje en nuestra enseñanza?, apuntan algunas respuestas, tales como: establecer un diálogo entre enseñanza y aprendizaje, atender a la diversidad de estudiantes, comunicar nuestro mensaje, hacer la enseñanza más gratificante o asegurar el futuro de nuestras disciplinas.

Las técnicas que se deben aplicar para lograr acercar ambos estilos de enseñanza y aprendizaje no son universales, pero sí deben ser suficientemente variadas como para estimular y acercarse a los diferentes estilos de aprendizaje. Existen algunas recomendaciones al respecto como las que elaboraron Felder y Silverman (1988) para estudiantes de ingeniería.

Finalmente, hemos de prestar atención a las limitaciones del trabajo y la prospectiva que surge de este. Así, la principal limitación se corresponde con la muestra, que a pesar de ser suficiente para realizar un análisis SEM según las directrices de Byrne (2010), debería aumentarse en futuros estudios en aras de mejorar la generalización de los resultados y probar la estabilidad del modelo ante otras variables (curso, etapa educativa…).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera, D. y Perales, F. J. (2018). What Effects Do Didactic Interventions Have on Students' Attitudes Towards Science? A Meta-Analysis. *Research in Science Education*, 1-25. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9702-2

Aguilera, D. y Perales, F. J. (2019). Actitud hacia la Ciencia: desarrollo y validación estructural del School Science Attitude Questionnaire (SSAQ). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *16*(3), 3103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3103

Akilli, M. y Genç, M. (2017). Modelling the effects of selected affective factors on learning strategies and classroom activities in science education. *Journal of Baltic Science Education*, *16*(4), 599-611.

Alonso, C. (1992). *Estilos de Aprendizaje: Análisis y diagnóstico en estudiantes Universitarios*. Madrid: Editorial Universidad Complutense.

Alonso, C., Gallego, D. y Honey, P. (1994). *Los estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora*. Bilbao: Mensajero.

Álvarez, V., Rodríguez, A., García, E., Gil, J., Romero, S., Padilla, M. T., García, J. y Correa, J. (2002). La atención a la diversidad en los centros de enseñanza secundaria: Estudio descriptivo de la provincia de Sevilla. *Revista de Investigación Educativa*, *20*(1), 225-245.

Armstrong, S. J., Cools, E. y Sadler-Smith, E. (2012). Role of cognitive styles in business and management: Reviewing 40 years of research. *International Journal of Management Reviews*, *14*, 238-262. https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2011.00315.x

Bahamón, M. J., Vianchá, M. A., Alarcón, L. L. y Bohórquez, C. I. (2012). Estilos y estrategias de aprendizaje: una revisión empírica y conceptual de los últimos diez años. *Pensamiento psicológico*, *10*(1), 129-144.

Barrett, P. (2007). Structural equation modelling: Adjudging model fit. *Personality and Individual Differences*, *42*(5), 815-824. https://doi.org/10.1016/j.paid.2006.09.018

Bueno, D. y Forés, A. (2018). 5 principios de la neuroeducación que la familia debería saber y poner en práctica. *Revista Iberoamericana de Educación*, *78*(1), 13-25.

Byrne, B. (2008). Testing for multigroup equivalence of a measuring instrument: Awalk through the process. *Psicothema*, *20*(4), 872-882.

Byrne, B. M. (2010). *Structural equation modeling with Amos: Basic concepts, applications, and programming* (2.ª ed.). Nueva York: Taylor & Francis.

Caleon, I. S. y Subramaniam, R. (2008). Attitudes towards science of intellectually gifted and mainstream upper primary students in Singapore. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(8), 940-954. https://doi.org/10.1002/tea.20250

Chi, S., Wang, Z., Liu, X. y Zhu, L. (2017). Associations among attitudes, perceived difficulty of learning science, gender, parents' occupation and students' scientific competencies. *International Journal of Science Education*, *39*(16), 2171-2188. https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1366675

Cupani, M. (2012). Análisis de Ecuaciones Estructurales: conceptos, etapas de desarrollo y un ejemplo de aplicación. *Revista Tesis*, 1, 186-199.

Dhindsa, H. S. y Salleh, S. B. H. M. (2018). Affective Domain Progression in Single-Sex and Coeducational Schools. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *16*(5), 891-908. https://doi.org/10.1007/s10763-015-9692-8

Diago, M. L., Cuetos, M. J. y González, P. (2018). Análisis de las herramientas de medición de los Estilos de Aprendizaje. *Revista de Educación*, 381, 95-132. https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2017-381-382

Felder, R. M. y Silverman, L. K. (1988). Learning and Teaching Styles In Engineering Education. *Engrineering Education*, *78*(7), 674-681.

Ferrando, P. J. y Anguiano-Carrasco, C. (2010). El análisis factorial como técnica de investigación en psicología. *Papeles del Psicólogo*, *31*(1), 18-33.

Gómez-Montilla, C. y Ruiz-Gallardo, J. R. (2016). El rincón de la ciencia y la actitud hacia las ciencias en Educación Infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *13*(3), 643-666. Obtenido de http://hdl.handle.net/10498/18503

Gómez-Ruiz, P. y Gil-López, A. J. (2018). El estilo de aprendizaje y su relación con la educación entre pares. *Revista de Investigación Educativa*, *36*(1), 221-237. https://doi.org/10.6018/rie.36.1.233731

Honey, P. y Mumford, A. (2006). *The Learning Styles Questionnaire, 80-item version*. Maidenhead, UK: Peter Honey.

Jahangard, Z., Soltani, A. y Alinejad, M. (2016). Exploring the relationship between metacognition and attitudes towards science of senior secondary students through a structural equation modelling analysis. *Journal of Baltic Science Education*, *15*(3), 340-349.

Jenkins, E. y Nelson, N. W. (2005). Important but not for me: Students attitudes toward secondary school science in England. *Research in Science & Technological Education*, *23*(1), 41-57. https://doi.org/10.1080/02635140500068435

Kanadli, S. (2016). A Meta-Analysis on the Effect of Instructional Designs Based on the Learning Styles Models on Academic Achievement, Attitude and Retention. *Educational Sciences: Theory and Practice*, *16*(6), 2057-2086. https://doi.org/10.12738/estp.2016.6.0084

Kant, R. y Singh, M. D. (2015). Relationship between learning styles and scientific attitude of secondary school students and their achievement in Science subject. *Journal of Educational Sciences & Psychology*, *5*(1), 1-10.

Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling* (2.ª ed.). Nueva York: Guilford.

Koballa, T. R. Jr. y Glynn, S. M. (2007). Attitudinal and Motivational Constructs in Science Learning. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 75-102). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Kolb, A. Y. y Kolb, D. A. (2009). The learning way: Meta-cognitive aspects of experiential learning. *Simulation & Gaming*, *40*(3), 297-327. https://doi.org/10.1177/1046878108325713

Kristiani, N., Susilo, H., Rohman, F. y Aloysius, D. C. (2015). The contribution of students' metacognitive skills and scientific attitude towards their academic achievements in biology learning implementing Thinking Empowerment by Questioning (TEQ) learning integrated with inquiry learning (TEQI). *International Journal of Educational Policy Research and Review*, *2*(9), 113-120. https://doi.org/10.15739/IJEPRR.020

Lamb, R., Akmal, T. y Petrie, K. (2015). Development of a cognition-priming model describing learning in a STEM classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, *52*(3), 410-437. https://doi.org/10.1002/tea.21200

Latorre, A., del Rincón, D. y Arnal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: Hurtado.

Marín-García, M. Á. (2002). La investigación sobre diagnóstico de los estilos de aprendizaje en la enseñanza superior. *Revista de Investigación Educativa*, *20*(2), 303-337.

Montgomery, S. M. y Groat, L. N. (1998). *Student learning styles and their implication for teaching*. CRLT Ocassional Paper No. 10, The Center for Research on Learning and Teaching., The University of Michigan. Obtenido de https://crlte.engin.umich.edu/wp-content/uploads/sites/7/2013/06/occ_paper10.pdf

Moya, M. V., Hernández, J. R., Hernández, J. A. y Cózar, R. (2011). Análisis de los estilos de aprendizaje y las TIC en la formación personal del alumnado universitario a través del cuestionario REATIC. *Revista de Investigación Educativa*, *29*(1), 137-156.

Newell, A. D., Tharp, B. Z., Moreno, N. P., Zientek, L. R. y Vogt, G. L. (2015). Students' attitudes toward science as predictors of gains on student content knowledge: Benefits of an after-school program. *School Science and Mathematics*, 115, 216-225. https://doi.org/10.1111/ssm.12125

OCDE (2009). *La comprensión del cerebro. El nacimiento de una ciencia del aprendizaje*. Santiago: Ediciones UCSH. Obtenido de https://www.upla.cl/inclusion/wp-content/uploads/2015/06/Brain-PDF-Spanish.pdf

Osborne, J., Simon, S. y Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, *25*(9), 1049-1079. https://doi.org/10.1080/0950069032000032199

Potvin, P. y Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, *50*(1), 85-129. https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626

Said, Z., Summers, R., Abd-El-Khalick, F. y Wang, S. (2016). Attitudes toward science among grades 3 through 12 Arab students in Qatar: findings from a cross-sectional national study. *International Journal of Science Education*, *38*(4), 621-643. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1156184

Salta, K. y Tzougraki, C. (2004). Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece. *Science Education*, *88*(4), 535-547. https://doi.org/10.1002/sce.10134

Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H. y Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research Online*, *8*(2), 23-74.

Sjøberg, S. y Schreiner, C. (2010). *The ROSE project. An overview and key findings*. Obtenido de http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf

Smith, T. J., Pasero, S. L. y McKenna, C. M. (2014). Gender effects on student attitude toward science. *Bulletin of Science, Technology & Society*, *34*(1-2), 7-12. https://doi.org/10.1177/0270467614542806

Sotillo-Delgado, J. F. (2014). The CHAEA-Junior questionnaire or how to diagnose learning styles in primary and secondary school students. *Journal of Learning Styles*, *7*(13), 182-201.

Ullman, J. B. (2006). Structural equation modeling. En B. G. Tabachnick y L. S. Fidell (Eds.). *Using multivariate statistics* (5.ª ed.) (pp. 653-771). Boston: Allyn & Bacon.

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, *13*(3), 337-346.

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *5*(3), 274-292.

Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R. y Mellado, V. (2019). El conocimiento didáctico del contenido (CDC) de una profesora de ciencias: reflexión y acción como facilitadores del aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, *37*(1), 25-53. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2550

Zeyer, A (2010). Motivation to learn science and cognitive style. *Journal of Mathematics, Science Technology Education*, *6*(2), 123-130. https://doi.org/10.5167/uzh-45586

Modelling the relationship between attitude towards science and learning styles in Secondary Education

David Aguilera, F. Javier Perales-Palacios
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada (España)
davidaguilera@ugr.es, fperales@ugr.es

This work has the following purposes: (1) to describe the compulsory secondary school students' attitude toward science and their learning styles; (2) to analyse the relationship between students' attitude towards science and their learning styles through a structural equation model; and (3) to evaluate the invariance of the proposed model in relation to the sex of the students. This is based on: the need to study in depth those factors that undermine students' attitudes towards science (Osborne et al., 2003); and the educational challenge that implies responding to the diversity of students' learning styles (Álvarez et al., 2002). In this sense, there are works that have already worked on the relationship between students' learning styles, their attitudes towards science and their academic performance (Kant and Singh, 2015).

The design is ex post-facto (Latorre et al., 1996). This study involved 259 students of Compulsory Secondary Education, with an average age of 13.78 years and a distribution very close to 50 % for both sexes. The selection of the sample was for convenience as it is a study framed in an educational research and innovation project.

The following instruments were used: (1) the SSAQ (School Science Attitude Questionnaire) adapted and validated in Spanish by Aguilera and Perales (2019). This tool is consists of 20 items with a Likert scale of 1 to 5 and it is divided into four dimensions (self-efficacy, interest and enjoyment, connection of science with daily life and importance of science for the student); and (2) the CHAEA-Junior questionnaire (Sotillo-Delgado, 2014) to diagnose students' learning styles. This tool adopts the theory proposed by Honey and Mumford (2006), which understands learning as a cyclic process divided into four stages: active, reflective, theoretical and pragmatic, which mark the four dimensions of the instrument (44 items).

The data analysis was done with IBM SPSS Statistics v. 20 and AMOS v. 24. In the structural model, learning styles act like exogenous variables, while the latent factor attitude toward science acts like an endogenous variable. Likewise, the Maximum Likelihood method was used in this analysis and the evaluation of the adjustment of the proposed model was carried out following Schermelleh-Engel et al. (2003).

The results obtained indicate that the students, in spite of their sex or level, show a greater preference towards the reflective learning style. In relation to the attitude toward science, a gradual decrease was identified as students progressed in compulsory secondary education. Regarding the relationship established between learning styles and attitude toward science, we were able to identify significant correlations with the active style learning ($r = -.20$), reflective style learning ($r = .26$) and theoretical style learning ($r = .18$).

Finally, although the sample could be sufficient, we must recognize that it does not allow us to generalize the results obtained. Therefore, we must be cautious with these findings. Consequently, other similar studies must be performed to increase the sample and contrast results.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 38-3 (2020), 55-80
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2881
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Dificultades en la construcción de los números naturales incluyendo el cero con estudiantes de 6 a 8 años

Difficulties in the construction of natural numbers including zero with 6-8 year-old students

María Leticia Rodríguez González
Departamento de Matemática Educativa. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN - México
leticia.rodriguez@cinvestav.mx

Eugenio Filloy Yagüe
Departamento de Matemática Educativa. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN - México
e.filloy@cinvestav.mx

Bernardo Gómez Alfonso
Departamento de Didáctica de las Matemáticas. Universidad de Valencia. España
bernardo.gomez@uv.es

RESUMEN • Nuestro objetivo en esta investigación es identificar las dificultades de aprendizaje que tienen los niños de 1.º a 3.º grado de educación primaria en la construcción de los números naturales. Tales dificultades no proceden de la enseñanza, sino de las propias matemáticas y para poder observar esas dificultades, es necesario reducir el problema a los elementos primitivos. Con los modelos teóricos locales como marco teórico y metodológico, se ha diseñado un modelo de enseñanza traduciendo el componente formal (modelo de J. Von Neumann) a una secuencia de actividades con el uso de material manipulativo. Se analiza la experiencia de enseñanza y en los resultados se destacan y explican las dificultades que tienen los niños con estas actividades.

PALABRAS CLAVE: Modelos teóricos locales; Números naturales en Von Neumann; Modelo de enseñanza; Dificultades de aprendizaje; Educación primaria.

ABSTRACT • The aim of this paper is to identify the learning difficulties that children from 1st to 3rd grade of primary education have in the construction of natural numbers. Such difficulties do not come from teaching, but from mathematics themselves; in order to observe these difficulties, it is necessary to reduce the problem to the basics. Through Local Theoretical Models, as a theoretical and methodological framework, a Teaching Model has been designed by translating the formal component (J. Von Neumann Model) into a sequence of activities, with the use of manipulative material. We analyze the teaching experience and results highlight and explain the children's difficulties in these activities.

KEYWORDS: Local Theory Models; Natural numbers in Von Neumann; Teaching model; Learning's difficulties; Primary education.

Recepción: enero 2019 • Aceptación: mayo 2020 • Publicación: noviembre 2020

Rodríguez González, M. L., Filloy Yagüe, E. y Gómez Alfonso, B. (2020). Dificultades en la construcción de los números naturales incluyendo el cero con estudiantes de 6 a 8 años. *Enseñanza de las Ciencias, 38*(3), 55-80
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2881

INTRODUCCIÓN

El uso de los números es común en todas las actividades de la vida cotidiana, por ello es usual que los niños a temprana edad conozcan el conteo desde el contexto del hogar; así, al empezar su educación formal en la escuela ya tienen algunas ideas numéricas. Sin embargo, que puedan expresar conteos orales no significa que tengan nociones aritméticas. Una de las funciones de los sistemas educativos es introducir las nociones de los números naturales para establecer las bases del desarrollo del pensamiento matemático infantil.

En el caso particular del tratamiento escolar de los números naturales en educación primaria en México se pone énfasis en la cardinalidad en detrimento de la ordinalidad, por ello los niños aprenden esos números con desfases o deficiencias conceptuales. Durante las décadas setenta y ochenta, se consideraban ambas componentes; sin embargo, a partir de la adaptación de las ideas de Piaget al diseño del currículum se usó la cardinalidad de conjuntos y aunque los programas curriculares ya no tengan ese referente teórico, en la enseñanza se sigue trabajando de esa manera, predominando además la mecanización, memorización, la ejercitación de la secuencia contadora, los algoritmos de adición y multiplicación.

A partir de ahí, nos preguntamos si es posible avanzar en el tratamiento *paralelo* de la enseñanza de la cardinalidad y ordinalidad de los números naturales, sin que una componente anule a la otra.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el Plan de Estudios Mexicano (SEP, 2011), la enseñanza de las matemáticas está centrada en la resolución de problemas, que se concreta en una secuencia de actividades llamadas *Desafíos Matemáticos*. En el programa de matemáticas de educación primaria solo aparece un contenido referente a la ordinalidad de los números naturales. En el libro de texto de primer grado hay dos desafíos: *Carrera de autos* (SEP, 2015, p. 39) y *Animales en orden* (SEP, 2015, p. 40); en el primero, los niños tienen que colorear los coches de acuerdo con el orden de llegada (figura 1); y en el segundo, los niños deben conjuntar el juego de cartas ilustrado con imágenes de animales con el juego de cartas ilustrado con números ordinales (figura 2).

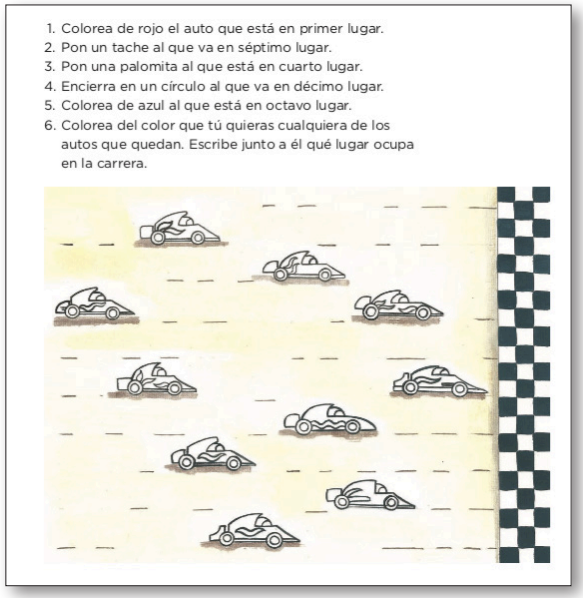


Fig. 1. Carrera de Autos.

Fig. 2. Animales en orden.

En el caso particular del cero, aparece como primer número en una actividad (SEP, 2015, p. 25) donde se pide continuar una serie numérica (figura 3).

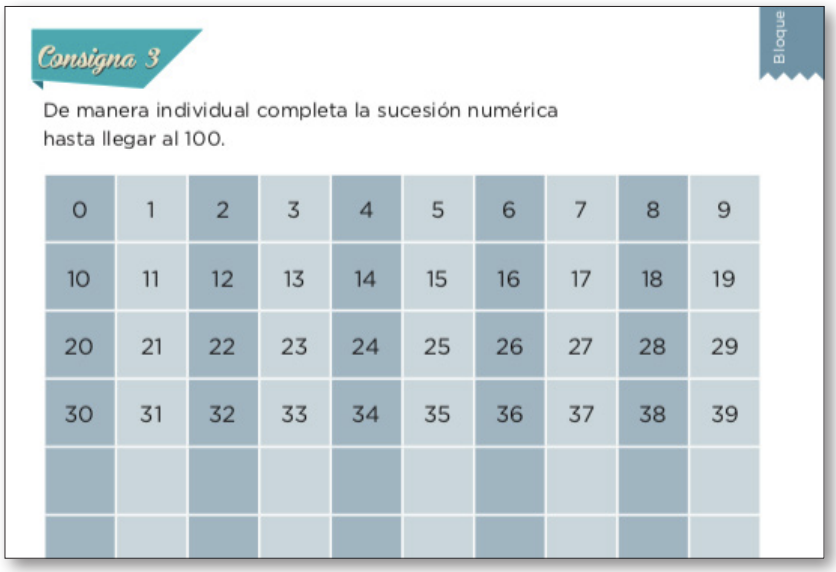


Fig. 3. Completar la serie numérica.

A partir de esta actividad, en las siguientes lecciones se usa el cero como cifra, como se ve en la figura 4 (SEP, 2015, p. 41).

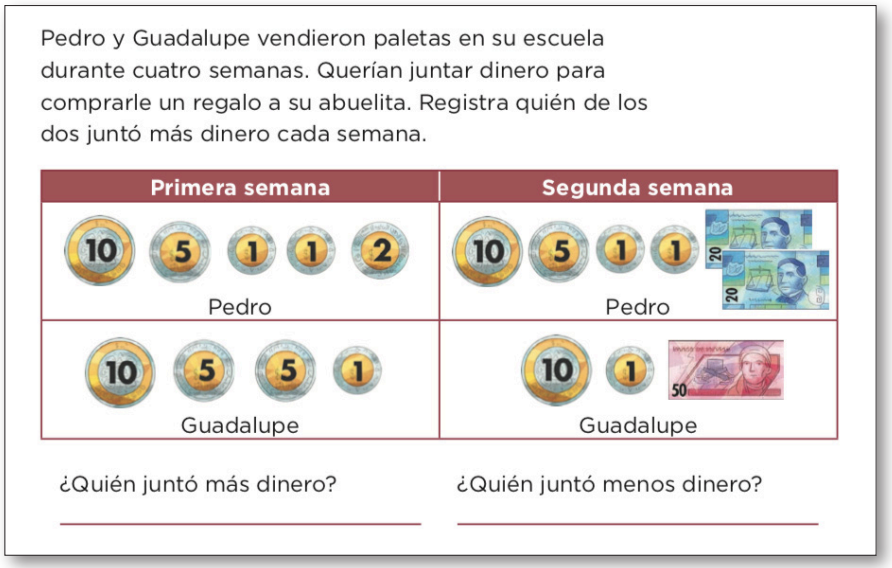


Fig. 4. El cero como cifra.

En los modelos de enseñanza desde mediados del siglo XIX hasta los años setenta del siglo XX, se favorecía la construcción de los números naturales como cardinales y ordinales, incluyendo el cero, relacionado con las nociones de «no tener o valer nada» y de representación de «la columna vacía».

Conviene señalar que las raíces de estos modelos se encuentran en la Aritmética para niños de Condorcet (1854), *Moyens d'apprendre a compter* (*Maneras de aprender a contar*), que destaca por su trascendencia e influencia histórica al ser la primera obra elemental para la instrucción pública seleccionada en un concurso público en Francia. Esta obra plantea que los números naturales se construyen agregando un elemento para obtener el siguiente, hasta llegar a 9. La decena se compone con el 1 y 0 y los números subsecuentes: diez y uno, diez y dos, diez y tres ... en vez de once, doce, trece… Para las decenas se hace el mismo procedimiento: agregar una unidad del siguiente orden para tener veinte, treinta, cuarenta... hasta llegar a la centena. Para el cambio de unidad, propone la regla: «… la siguiente unidad se va a escribir con tantos ceros como nueves tenga: 9 – 10, 99 – 100...» (Condorcet, 1854, p. 22).

Un ejemplo de libro para niños que sigue este modelo es la *Aritmética del Párvulo* (1940), en las figuras 5 a 8 se muestran las lecciones I a IV:

La Lección I empieza por el número uno y sigue con la secuencia contadora, mostrando el sentido ordinal y cardinal de los números como signos que representan cantidades.

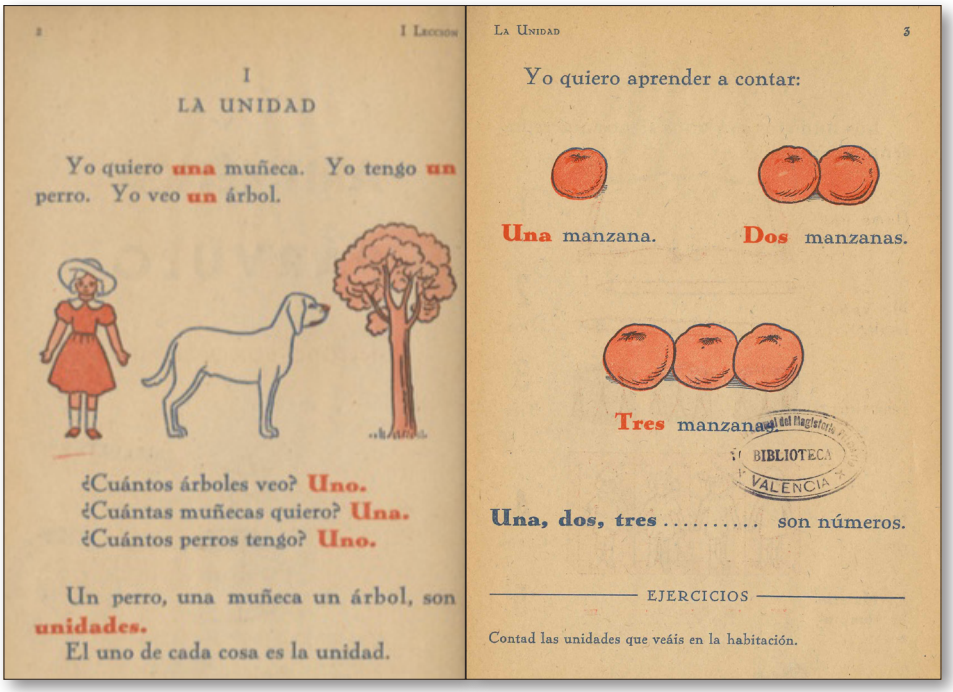
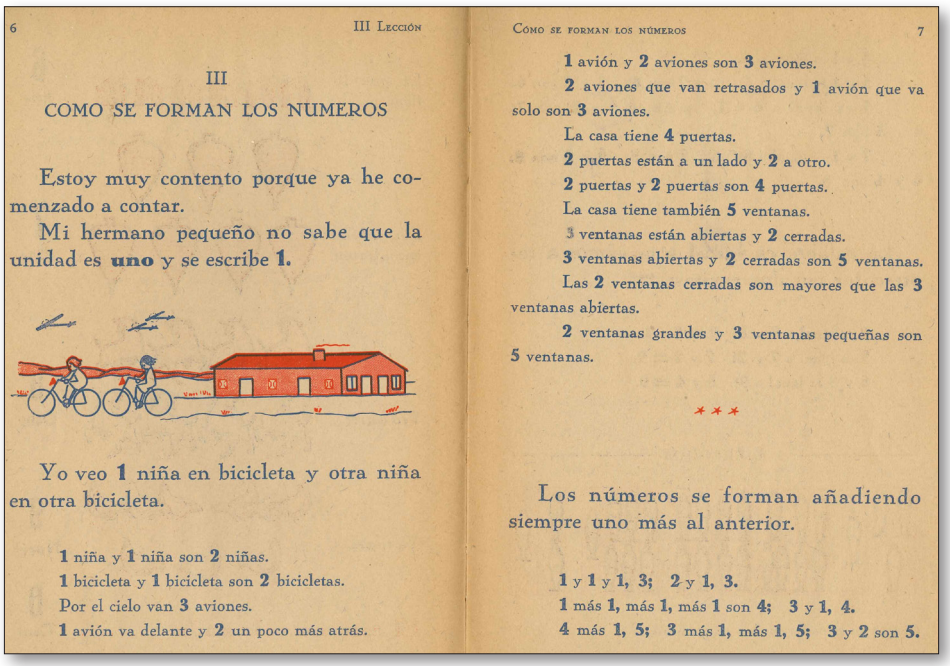


Fig. 5. Lección I *La unidad e inicio de la secuencia contadora*.

En la lección II se introduce el sentido de cardinalidad de los números dígitos y el cero después del nueve.

Fig. 6. Lección II *La cardinalidad de los números y la introducción del cero*.

En la lección III se aborda el sentido ordinal de los números y se explica que se forman añadiendo siempre uno más al anterior, comenzando a partir del uno.



6 III Lección

III

COMO SE FORMAN LOS NUMEROS

Estoy muy contento porque ya he comenzado a contar.

Mi hermano pequeño no sabe que la unidad es **uno** y se escribe **1.**

Yo veo **1** niña en bicicleta y otra niña en otra bicicleta.

1 niña y **1** niña son **2** niñas.
1 bicicleta y **1** bicicleta son **2** bicicletas.
Por el cielo van **3** aviones.
1 avión va delante y **2** un poco más atrás.

Cómo se forman los números 7

1 avión y **2** aviones son **3** aviones.
2 aviones que van retrasados y **1** avión que va solo son **3** aviones.
La casa tiene **4** puertas.
2 puertas están a un lado y **2** a otro.
2 puertas y **2** puertas son **4** puertas.
La casa tiene también **5** ventanas.
3 ventanas están abiertas y **2** cerradas.
3 ventanas abiertas y **2** cerradas son **5** ventanas.
Las **2** ventanas cerradas son mayores que las **3** ventanas abiertas.
2 ventanas grandes y **3** ventanas pequeñas son **5** ventanas.

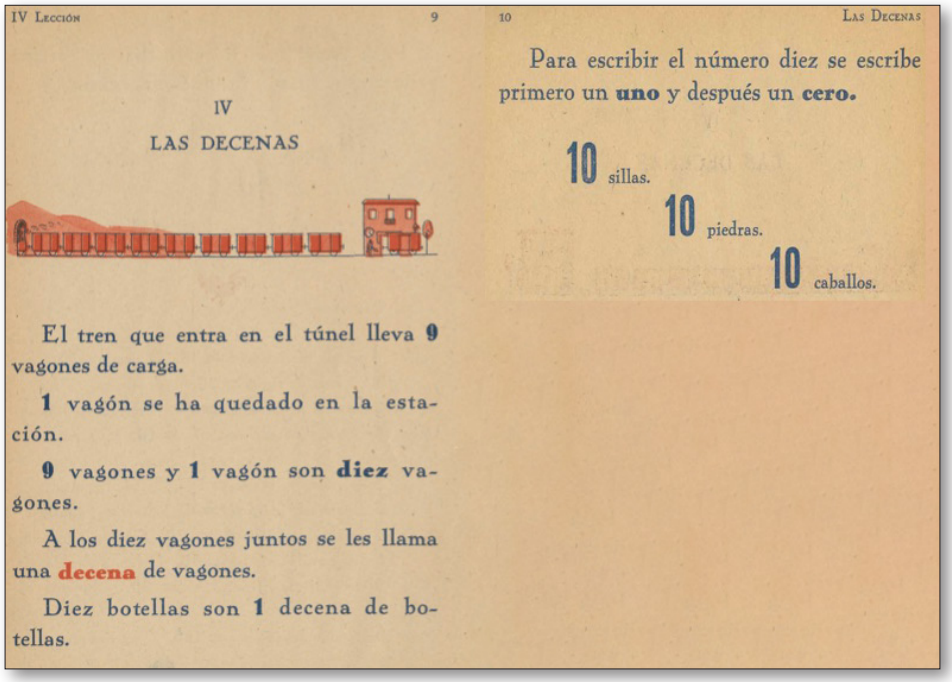
* * *

Los números se forman añadiendo siempre uno más al anterior.

1 y **1** y **1**, **3**; **2** y **1**, **3**.
1 más **1**, más **1**, más **1** son **4**; **3** y **1**, **4**.
4 más **1**, **5**; **3** más **1**, más **1**, **5**; **3** y **2** son **5**.

Fig. 7. Lección III *Cómo se forman los números*.

En la lección IV se introduce el concepto de decena a partir del diez, que es uno más que el nueve, como denominación de diez ítems juntos.



IV Lección 9

IV

LAS DECENAS

El tren que entra en el túnel lleva **9** vagones de carga.

1 vagón se ha quedado en la estación.

9 vagones y **1** vagón son **diez** vagones.

A los diez vagones juntos se les llama una **decena** de vagones.

Diez botellas son **1** decena de botellas.

10 Las Decenas

Para escribir el número diez se escribe primero un **uno** y después un **cero.**

10 sillas.

10 piedras.

10 caballos.

Fig. 8. Lección IV *La decena*.

Desde el punto de vista de la epistemología de los números naturales, en este trabajo no hemos considerado la discusión Cantor-Peano. Para Cantor (Mosterín, 2000, pp. 15-17), el número se asocia a la cardinalidad de un conjunto y el conteo a la correspondencia biunívoca entre conjuntos equipotentes; los números se construyen separados unos de otros; el orden se da a partir de la relación de inclusión entre conjuntos. Para Peano, los números se construyen desde una perspectiva ordinal, asociada a la axiomatización a partir de la idea del sucesor, pero no hay conjuntos.

El modelo matemático de J. Von Neumann (Mosterín, 2000, pp. 186-188) propone una lógica de construcción que precisa de un sistema matemático de signos (SMS) que involucra simultáneamente ordinalidad y cardinalidad, a partir de la construcción del cero como número y como conjunto vacío. Este modelo encapsula en la iteración el principio de inducción finita de los axiomas de Peano, donde todo número es construido a partir de un número finito de iteraciones, empezando por el cero. Usa los conjuntos para la construcción de los números a partir del principio de ordinalidad, según el cual todo número contiene el conjunto de sus anteriores. Y usa el resultado del conteo, a través de la correspondencia entre el intervalo $[1,n]$ y A, para establecer la cardinalidad como el número de elementos de un conjunto.

Con base en lo anterior y en la idea de que la problemática del aprendizaje de las matemáticas no está en la enseñanza sino en las propias matemáticas, se considera, de acuerdo con Filloy, Rojano y Puig (2008), que es el análisis formal de la problemática lo que permite observar su origen al reducirla a sus elementos primarios. En el caso de la construcción de los números naturales, estos elementos primarios están, según el modelo formal de Von Neumann (Hamilton y Landin, 1961), en la iteración como operación más básica y como base del proceso recursivo.

PREGUNTAS Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

El objetivo general de esta investigación es estudiar el efecto de un modelo de enseñanza con base al modelo formal de Von Neumann para trabajar simultáneamente los principios de *ordinalidad* y de *cardinalidad* en la construcción de los números naturales.

A tal fin, se plantean las siguientes preguntas:

- ¿Qué elementos se deben considerar para diseñar un modelo de enseñanza que permita trasladar el modelo formal de Von Neumann a actividades concretas dirigidas a niños de 1.º a 3.º de educación primaria?
- ¿Cuáles son las dificultades de aprendizaje que se observan cuando los niños construyen los números naturales con base en el modelo formal de Von Neumann?

Para dar respuesta a estas preguntas, se proponen los siguientes objetivos particulares:

- Diseñar e implementar un modelo de enseñanza que traslade el modelo formal de Von Neumann a secuencias de actividades concretas.
- Identificar y explicar el origen de las dificultades que tienen los niños de los tres primeros grados de educación primaria en la construcción de los números naturales cuando trabajan con un modelo de enseñanza con base en el modelo de Von Neumann.

MARCO TEÓRICO

Los Modelos Teóricos Locales (MTL) (Filloy, Rojano y Puig, 2008) son un marco teórico y metodológico para la investigación en matemática educativa que toma en cuenta las dificultades que se producen

en las aulas, cuando se aplican diferentes tipos de actividades de enseñanza. El sentido de lo *local* es porque profundiza en el análisis de un fenómeno específico analizado a la luz de cuatro componentes:

a) La *competencia formal* es el referente matemático abstracto y sus aplicaciones.
b) La *competencia cognitiva* atiende a los procesos cognitivos que se ponen en acción para desarrollar pensamiento matemático y de comunicación.
c) La *competencia de comunicación* se fundamenta en la semiótica para identificar y entender cómo son los procesos de producción de sentido y significado que se generan en el aula, en la interacción de los sujetos con diferentes grados de competencia de los SMS y los códigos que generan para crear los textos matemáticos.
d) *Competencia de enseñanza* es la traducción del modelo formal matemático a una secuencia de actividades que permite la producción de una sucesión de textos matemáticos, como «… resultado de procesos de lectura/transformación hecho sobre un espacio textual…» (Filloy, 1999, p. 64). Estos textos son también llamados intertextos matemáticos que modelan situaciones matemáticas, con lenguajes que van de lo concreto a lo abstracto, con códigos intermedios y el uso de los SMS para desarrollar gradualmente las habilidades matemáticas y los conocimientos pragmáticos, sintácticos y semánticos que la experiencia escolar y cognitiva aporta a los niños (Filloy, Rojano y Puig, 2008, pp. 124-125).

Diseño de un MTL para la construcción de los números naturales

Competencia formal

En esta componente se considera el modelo de Von Neumann porque usa la iteración y la recursividad. Esta comienza con la construcción del cero como el primer número y a partir de él se construyen los *sucesores*, es decir, el n+1 se obtiene directamente del paso n.

Aquí recurrimos a la adaptación que hace Hamilton y Landin (1961) del modelo formal de J. Von Neumann de los números naturales. Dado que su conceptualización es un proceso complicado y no basta nombrar los números o establecer una correspondencia uno-uno, estos autores consideran que es necesario construirlos ordinalmente.

Con el símbolo (P_i) se señalan las ideas fundamentales del modelo matemático que se van a traducir a actividades concretas en el modelo de enseñanza.

P_1. La construcción recursiva se inicia con la definición de cero: «Cero es el vacío; i. e., 0 = Ø», enseguida se plantea la definición del uno: «$1 = \{0\} = 0 \bigcup \{0\}$ » continuando así se sigue que:

P_2.

0 = Ø
1 = {Ø}
2 = {Ø, {Ø}}
3 = {Ø, {Ø}, {Ø, {Ø}}}

y así sucesivamente.

P_3. A partir de ese momento, se introduce la noción del conjunto sucesor:

> El conjunto $x \bigcup \{x\}$ es el sucesor del conjunto *x*. Si *y* es un conjunto y si hay un conjunto *x* tal que *y* es el sucesor de *x* entonces *y* es un *sucesor*. Para cada conjunto *x*, el sucesor de *x* se denota *x'*.
> Por lo tanto, 1 = 0', 2 = 1', 3 = 2', etc. (op. cit., 1961, p. 77).

(La notación $x \bigcup \{x\}$ da cuenta del proceso de construcción bajo la denominación del sucesor, lo denota como *x'*).

Cada uno de estos conjuntos es $\in -$ *ordenado*. Que un conjunto A sea $\in -$ *ordenado* significa que, para todo x y para todo y en A, se cumple solo una de estas condiciones:

$$x \in y,\ x = y,\ o\ \ y \in x$$

P_4. Un número natural es un conjunto n tal que:

a) n es $\in -$ *ordenado*,
b) Cada subconjunto no vacío de n posee un elemento principal (el primer elemento),
c) Si $x \in n$, entonces, $x \subset n$
d) Si n no está vacío, entonces n es un sucesor,
e) Si $x \in n$, y x no está vacío entonces x es un sucesor (op. cit., 1961, p. 81).

P_5. Posteriormente se introduce la noción de intervalo:

«Si $a, b \in N$, $[a,b] = \{x \mid x \in N \text{ y } a \leq x \text{ y } x \leq b\}$» (op. cit., p. 97) para definir el *conteo.* Esta definición se apoya en los intervalos de la forma $[1,n]$ de la siguiente manera: «Contar un conjunto A es una correspondencia uno-uno $\varphi : [1,n] \rightarrow A$ entre $[1,n]$ y A, donde $n \in N$» (op. cit., p. 99).

Una vez definido el conteo, se define la cardinalidad como el resultado del conteo:

> Si n es el resultado de un conteo de A, entonces A tiene n elementos, o el número de elementos en A es n, o la cardinalidad de A es n. Esto también lo denotamos como la cardinalidad de A por *#(A)* (op. cit., p. 101).

P_6. En la *adición*, si A y B son dos conjuntos disjuntos donde m y n son los cardinales de A y B respectivamente, entonces $A \cup B$ es $m + n$.

La suma se obtiene de manera natural como una cadena de sucesores, $n' = n + 1$, donde el 10 es el sucesor del 9: $9' = 9 + 1 = 10$. Una vez que se precisan las propiedades de la adición (conmutativa, asociativa), se construye la tabla de la adición (figura 9), donde el número de cada celda es el sucesor del número de la celda anterior; los números mayores de 10 se representan como 10 + a, siendo a un dígito.

m \ n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10 + 1
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10 + 1	10 + 2
3	3	4	5	6	7	8	9	10	10 + 1	10 + 2	10 + 3
4	4	5	6	7	8	9	10	10 + 1	10 + 2	10 + 3	10 + 4
5	5	6	7	8	9	10	10 + 1	10 + 2	10 + 3	10 + 4	10 + 5
6	6	7	8	9	10	10 + 1	10 + 2	10 + 3	10 + 4	10 + 5	10 + 6
7	7	8	9	10	10 + 1	10 + 2	10 + 3	10 + 4	10 + 5	10 + 6	10 + 7
8	8	9	10	10 + 1	10 + 2	10 + 3	10 + 4	10 + 5	10 + 6	10 + 7	10 + 8
9	9	10	10 + 1	10 + 2	10 + 3	10 + 4	10 + 5	10 + 6	10 + 7	10 + 8	10 + 9

Fig. 9. Tabla de Suma (Hamilton y Landin, 1961, p. 109).

Para la multiplicación se parte del producto cartesiano: «Si $m, n \in N$, el número $\#([1,m] \times [1,n])$ es el producto $m \cdot n$ $(o\ mn)$. Entonces $[1,m] \times [1,n]$ es finito» (op. cit., p. 110). Define las propiedades

conmutativa, asociativa y distributiva de la multiplicación de números naturales y construye la tabla de multiplicar mediante la descomposición del multiplicador *n* en *(n-1)+1* para obtener los productos con base en el producto inmediato anterior ya conocido, los escribe como $a \cdot 10 + b$, donde *a* y *b* son dígitos (figura 10). A continuación, se presenta un ejemplo para el número 7 para ilustrar el proceso:

$$0 \cdot 7 = 0;$$
$$1 \cdot 7 = 7$$
$$2 \cdot 7 = (1+1) \cdot 7 = 1 \cdot 7 + 1 \cdot 7 = 7 + 7 = 10 + 4,$$
$$3 \cdot 7 = (2+1) \cdot 7 = 2 \cdot 7 + 1 \cdot 7 = (10+4) + 7$$
$$= 10 + (4+7) = 10 + (10+1) = (10+10) + 1 = 2 \cdot 10 + 1$$

y así sucesivamente.

m \ n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0	2	4	6	8	10	10 + 2	10 + 4	10 + 6	10 + 8
3	0	3	6	9	10 + 2	10 + 5	10 + 8	2 · 10 + 1	2 · 10 + 4	2 · 10 + 7
4	0	4	8	10 + 2	10 + 6	2 · 10	2 · 10 + 4	2 · 10 + 8	3 · 10 + 2	3 · 10 + 6
5	0	5	10	10 + 5	2 · 10	2 · 10 + 5	3 · 10	3 · 10 + 5	4 · 10	4 · 10 + 5
6	0	6	10 + 2	10 + 8	2 · 10 + 4	3 · 10	3 · 10 + 6	4 · 10 + 2	4 · 10 + 8	5 · 10 + 4
7	0	7	10 + 4	2 · 10 + 1	2 · 10 + 8	3 · 10 + 5	4 · 10 + 2	4 · 10 + 9	5 · 10 + 6	6 · 10 + 3
8	0	8	10 + 6	2 · 10 + 4	3 · 10 + 2	4 · 10	4 · 10 + 8	5 · 10 + 6	6 · 10 + 4	7 · 10 + 2
9	0	9	10 + 8	2 · 10 + 7	3 · 10 + 6	4 · 10 + 5	5 · 10 + 4	6 · 10 + 3	7 · 10 + 2	8 · 10 + 1

Fig. 10. Tabla de multiplicación (op. cit., p. 111).

Componente de cognición

El sustento teórico de esta componente son las aportaciones de Talizina (2000 y 2001) para entender el tránsito de la *acción* a la *operación* y consolidar la *abstracción matemática.* La acción es el acto de la actividad del sujeto y es la unidad de análisis del aprendizaje (Talizina, 2000, p. 14). «Las acciones de comparación, deducción de consecuencias, clasificación, […] son articuladas y organizadas a través de la asimilación, para poder establecer semejanzas, diferencias, clases y subclases entre los objetos matemáticos» (Talizina, 2001, p. 34) para construir gradualmente los conceptos matemáticos (Talizina, 2001, p. 37).

Esta autora señala que la enseñanza deberá proponer actividades para que los niños ejerciten diversas acciones, desarrollen el uso de las operaciones cognitivas para sustituir, codificar, decodificar, esquematizar y modelar situaciones problemáticas o conceptos matemáticos (Talizina, 2000, p. 44) y se familiaricen con el uso de símbolos y signos matemáticos.

Sin embargo, las experiencias adquiridas en el contexto familiar, escolar, cultural y social pueden generar obstructores cognitivos que dificulten el paso de las acciones a las operaciones (cognitivas).

Con las actividades de construcción de los números naturales, propuestas en el modelo de enseñanza que se diseña para este fin, se busca identificar los obstructores provenientes de los conocimientos previos y de las maneras como los niños han aprendido las nociones numéricas que les generan dificultades semánticas, sintácticas y pragmáticas.

Componente de comunicación

El referente teórico de esta componente es la semiótica «… como teoría de la referencia y una teoría de la significación» (Peirce, 1987, p. 9) y centra la atención en las relaciones significantes, los procesos de significación y la lógica de uso de los SMS.

Esta componente tiene la finalidad de explicitar cómo los niños comunican las dificultades que tienen en la construcción de los números naturales (procesos de comunicación).

Relaciones significantes

Las relaciones significantes son interrelaciones activas, continuas y complejas entre la *sintaxis*, la *semántica* y la *pragmática*, de acuerdo con los códigos establecidos en un contexto a través de los procesos de significación que se generan a partir de la producción de sentido en relación con el signo (Barthes, 1993, pp. 22-23). Desde esta perspectiva, el número como *signo* forma parte del proceso de significación y adquiere sentido para quien lo interpreta. La *significación* es el acto de producción de sentido, en el que el interpretante puede nombrar y reconocer el objeto, así como dotarlo de significado para convertirlo en signo. «El *sentido* es un mecanismo de abstracción…» (Peirce, 1987, p. 82) que utiliza la atención, memoria y percepción en una interrelación texto-contexto para destacar información, trasladando la vivencia a la experiencia y para poder interpretarla.

Las relaciones significantes son clave para identificar las dificultades de acuerdo con el uso sintáctico, semántico y pragmático de los números naturales que los niños hacen en las actividades que se les proponen.

Argumentos como procesos de significación

La *inducción*, *deducción* y *abducción* (Peirce, 1987, pp. 258-260) son los argumentos que aportan la base de la reflexión y abstracción para desarrollar los procesos de significación. La *inducción* es el razonamiento de lo particular a lo general, de tal modo que los sujetos pueden validar experimentalmente una predicción general. Por ejemplo, generalizar la idea de sucesor a la vista de las primeras construcciones de los primeros números. La *deducción* es la habilidad para razonar de lo general a lo particular reconociendo las partes de un todo aunque no estén explícitas, para establecer relaciones mentales entre ellas; por ejemplo, reconocer que todos los números son sucesores, excepto el cero. La *abducción* es la capacidad para desarrollar inferencias hipotéticas y puede discriminar premisas verdaderas o falsas para formular conjeturas explicativas. A través de la abducción, se transita de una hipótesis inicial a otra más abstracta. Por ejemplo, cuando reconocen que un sucesor contiene a todos los anteriores, a excepción del cero, que es el único número que está vacío, por lo tanto no es un sucesor.

Identificar los argumentos que los niños emplean permitirá entender los procesos de significación y el uso de la lógica de los SMS implicados en la construcción de los números naturales.

Lógica de uso de los SMS

Para Peirce (1987, p. 8) la lógica se refiere a la semiótica, en tanto que es la referencia teórica de los MTL, se parte de que lo *matemático* está en los *sistemas de signos* y no solamente en los signos, por lo que los SMS son «… una herramienta de análisis de los textos que producen los alumnos cuando se les está enseñando matemáticas en los sistemas escolares…» (Filloy, 1999, p. 64). En esos textos, los niños producen sistemas de signos o estratos de sistemas de signos para dar sentido a las actividades que se les proponen en el modelo de enseñanza (Filloy, Rojano y Puig, 2008, p. 7).

De esta componente, interesa identificar la dotación de sentidos intermedios con el uso de códigos personales, como parte del proceso de transición de lo concreto a lo abstracto; para nombrar y reconocer al objeto con el empleo de códigos convencionales de los SMS involucrados en la construcción de los números naturales.

Modelo de enseñanza

Para el diseño de este modelo, se traducen los principios (P_i) matemáticos del modelo formal de Von Neumann relacionados con la construcción de los números naturales a una secuencia de actividades concretas con el uso de material manipulable.

A partir del marco teórico, se diseñan las categorías de análisis para observar la experimentación que se hace con el modelo de enseñanza.

Diseño de categorías de análisis

La base teórica de las categorías se sustenta en las aportaciones de la componente formal, de cognición y comunicación, descritas en el apartado del marco teórico.

De la componente de cognición interesa identificar obstructores (OB):

1. Obstructores provenientes de los conocimientos previos y de las maneras como los niños han aprendido las nociones numéricas que les generan dificultades semánticas y sintácticas en la construcción de los números naturales.
2. Obstructores provenientes de los procesos cognitivos, que les generan dificultades para establecer las relaciones de reversibilidad, para usar la iteración en la construcción del sucesor.

De la componente de comunicación, se retoman las aportaciones de la semiótica para identificar las dificultades que los niños tienen en el uso de indicadores de las relaciones significantes en la producción de sentido y desarrollar procesos de significación con el uso de la lógica de los SMS.

Argumentos como procesos de significación (APS):

1. Inducción: Habilidad para generalizar el uso de la iteración en la construcción de cada número sucesor, comprobando sus hipótesis con el uso de procesos recursivos.
2. Deducción: Habilidad de razonamiento con la posibilidad de llegar a conclusiones, proponer argumentos que ofrecen criterios de verdad, por ejemplo: cualquier sucesor contiene a todos los anteriores.
3. Abducción: Razonamiento que permite transitar de una hipótesis a otra más abstracta. Desarrollar inferencias hipotéticas y un uso correcto de la lógica de los SMS con sus códigos y reglas, para discriminar supuestos verdaderos o falsos. Por ejemplo, en la construcción de los números naturales, el cero es el único número que no es un sucesor y es el único que está contenido en cualquier número. Si un número no está vacío entonces es un sucesor.

Dotación de Sentido (DS) de los SMS (Filloy, Rojano y Puig, 2008, pp. 163-166).

1. Dotación de sentidos intermedios: utilización de códigos personales para dotar de sentido a acciones concretas, lo que puede constituir el tránsito de lo concreto a lo abstracto.
2. Dotación de sentidos a las redes de acciones cada vez más abstractas hasta convertirlas en operaciones.

METODOLOGÍA

Elementos para el diseño e implementación de este modelo de enseñanza

Los (P_i) de la estructura Formal de Von Neumann se han traducido a secuencias de actividades con el uso de material manipulable, como se muestra:

P_1 El número cero es la bolsa vacía.

P_2 Para la representación de conjuntos, las llaves {} se sustituyen con bolsas.

P_3 El sucesor es *el siguiente*, es coger otra bolsa que contiene a todas las bolsas anteriores. Así, el cero es la bolsa vacía; el uno es la bolsa que contiene dentro la bolsa del cero; el dos es la bolsa que contiene dos bolsas: la cero y la del uno; el tres es la bolsa que contiene tres bolsas: la del cero, la del uno y la del dos… (figura 11).

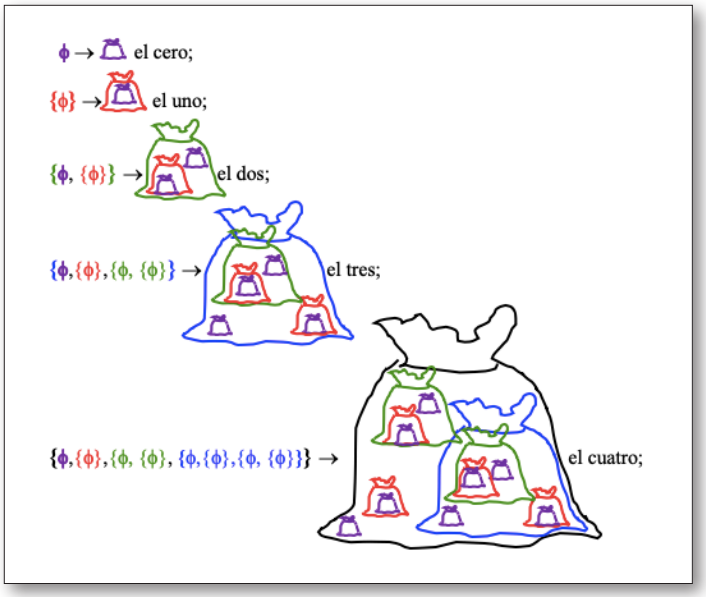


Fig. 11. Proceso recursivo de construcción.

P_4 Para la definición de números naturales se usan bolsas para mostrar que todo conjunto de bolsas está ordenado por la manera de construirlo. En toda bolsa siempre hay un primer elemento que es la bolsa del cero. Para toda bolsa el sucesor se construye metiendo en otra bolsa esa y todas las anteriores. La bolsa del cero es la única que no es un sucesor.

P_5 El conteo es establecer ordenadamente la correspondencia uno-uno con los intervalos de la forma $[1,n]$. Para este principio no se consideró presentar una secuencia de actividades, dado que los niños están habituados al conteo.

P_6 Se completan las tablas de doble de entrada de suma y multiplicación con el uso de ($a \cdot 10 + b$) cuando los resultados o productos son mayores a diez.

Aunque no está en la estructura de Von Neumann ni en Hamilton y Landin (1961), se ha introducido el uso de una semirrecta para representar los números sobre ella y así trabajar la correspondencia entre linealidad y orden.

Para aplicar este modelo de enseñanza, se ha diseñado una secuencia de actividades (tabla 1) incluida parcialmente por cuestión de espacio. Solo se presenta una selección conformada por cuatro secuen-

cias de actividades, los P_i son los principios matemáticos del modelo formal que han sido traducidos a actividades y en la tercera columna se enumeran los materiales manipulables que se usaron.

Tabla 1.
Secuencia de actividades

P_i	*Actividades*	*Material manipulable*
P_1	1. *Adivina quién soy* La tarea consiste en identificar al número cero como el conjunto vacío. - Se invita a los niños a que observen una bolsa de plástico transparente vacía y comenten sobre el contenido. (Posibles respuestas: nada y vacío). - Una vez que aparezca la palabra vacío, se les pide sugerencias para nombrarla. - Cuando expresen que se pueden nombrar con números, se les pide que elijan una de las pegatinas con números que coincida con el color de la pegatina amarilla que tiene la bolsa vacía que se usó. - Se les pregunta si conocen el número y dónde lo han usado. - Se les pide pegar la etiqueta del número cero sobre la bolsa vacía. - Se les pide pegar la bolsa sobre la semirrecta que se ha dibujado en la pizarra.	Bolsas de plástico transparente, números en plástico flexible de distintos colores, recta dibujada en la pizarra.
P_2P_3	2. *¿Podemos construir el siguiente número?* - A partir de la construcción del número cero como conjunto vacío, se les pregunta a los niños si se puede construir el *siguiente*. (El *siguiente* es el número/bolsa que contiene al elemento cero). Se introduce la bolsa del cero en la nueva bolsa. Esta otra bolsa se nombra como uno. - Se les pide que peguen la etiqueta del número uno a la nueva bolsa y lo coloquen en la semirrecta (se espera que la coloquen a la derecha de la bolsa/número cero). - Con esta lógica se construyen los sucesores y se pone énfasis que cada sucesor contiene a todos sus anteriores.	 Fig 12. Pizarra, bolsas de plástico, etiquetas de números, semirrecta dibujada en la pizarra.
P_4	3. *¿Cómo soy?* En la construcción de cada sucesor, se pregunta a los niños para guiar su reflexión sobre la noción de ordinalidad y la definición de los números naturales. - Se les pregunta, teniendo como referencia la representación en la semirrecta: *a*) ¿Cuál es la relación de cualquier sucesor con el cero? *b*) ¿Quién está antes de…, después de…? *c*) ¿Quiénes son los antecesores de…? *d*) ¿Quién no tiene antecesor?	
P_6	4. *Construimos las tablas de suma y multiplicación* - Se les presenta una tabla de suma con los números del 0 al 9 colocados en la primer columna y fila, para que los niños la completen. En la celda donde se cruzan una fila y una columna se pone el resultado de operar los números que las encabezan, tanto para la suma como para la multiplicación. - Se les invita a usar la forma para representar los números mayores de 10. - Complementariamente, se usa una semirrecta para representar los resultados obtenidos.	 Fig. 13. Dos tablas. Una para la suma y otra para la multiplicación, en las celdas de la primera fila y columna se anotan los números del 0 al 9 y las demás celdas vacías, para que los alumnos las completen.

Esta secuencia de actividades, de la 1 a la 4, se aplicó a un grupo de clase de 1.er, 2.º y 3.er grados de educación primaria, en escuelas públicas ubicadas al norte de la Ciudad de México.

Los niños de 1.er grado ya saben contar y algunos mencionan el número cero, pero no hay evidencia de que tengan la noción de los números naturales. Los niños de 2.º grado saben contar y sumar, pero no saben multiplicar y no han trabajado el cero como número. Los niños de 3.er grado tampoco han trabajado el cero como número. El común denominador de los tres grupos es que no han experimentado con un modelo de enseñanza centrado en el tratamiento simultáneo de los números en su sentido ordinal y cardinal, ni con las operaciones de suma y multiplicación en la forma como se propone.

Identificación y análisis de las dificultades que surgen con la implementación del modelo de enseñanza

Una vez que se ha implementado este modelo de enseñanza, el análisis comienza con la identificación de las dificultades con base en los indicadores de las relaciones significantes: *pragmático*, *semántico* y *sintáctico* de los números naturales, ligadas a los principios del modelo formal.

El siguiente paso es intentar explicar estas dificultades con base en el diseño de las categorías de análisis.

Dificultades observadas

A. *Uso de conocimientos pragmáticos y espontáneos de los números en diversas situaciones*.
   A1. Identificar el cero como número (P_1).
   A2. Identificar al sucesor y antecesor de cualquier número (P_3).
B. *Uso semántico de los números en acciones de representación y conteo*.
   B1. Número cero como conjunto vacío (P_1).
   B2. Reconocer que el cero es el único número que pertenece a cualquier sucesor (P_2).
   B3. Reconocer que todo sucesor contiene a todos los anteriores (P_3).
   B4. Identificar el número cero como el punto origen en la recta.
C. *Uso sintáctico en las operaciones*.
   C.1 Usar la forma para representar a los sucesores (P_6).

ANÁLISIS DE LAS DIFICULTADES OBSERVADAS

El análisis se realiza con las tres categorías señaladas: obstructores, argumentos y dotación de sentido.

A continuación se presentan seis episodios parciales de las cuatro actividades del modelo de enseñanza donde aparecen esas dificultades (tabla 2). Los tres primeros episodios corresponden al grupo de 1.er grado, el cuarto episodio al grupo de 2.º grado y los dos últimos al grupo de 3.er grado.

Tabla 2.
Selección de los episodios

Grupo	*Episodio (E_i) parcial de la actividad*	*Siglas*
1.er grado	E_1 Adivina quién soy E_2 ¿Podemos construir el siguiente? E_3 Como soy,	M – Maestra N_s – Niños todos Ne – Nicole N_1, N_2,… cuando es un niño cualquiera. Letra inicial del nombre cuando es un niño particular.
2.º grado	E_4 ¿Podemos construir el siguiente?	
3.er grado	E_5 ¿Podemos construir el siguiente? E_6 Construir las tablas de	

Para el análisis de estos episodios se presenta un extracto seleccionado que muestra las dificultades observadas. A continuación, se hace el análisis con el apoyo de las categorías señaladas antes.

E_1 *Adivina quién soy*

1. *M: ¿Qué tengo aquí?*
2. *Ns: Una bolsa.*
3. *M: ¿Qué tiene la bolsa?*
4. *N1: Nada* [La maestra introduce algunos objetos a la bolsa y luego la vacía frente a ellos]
5. *M: ¿Cómo quedó la bolsa?*
6. *N2: Vacía.*
7. *M: ¿Cómo podemos saber que mi bolsa está vacía?*
8. *A: Porque no tiene nada.*
9. *F: Porque si no metes algo, no tienes nada.*
10. *E: Si está vacío, no está pesado.*
11. *Ne: Si le metes algo, ya está lleno.*
12. *E: O por números.*
13. *M: ¿Cómo dijiste?*
14. *Ns: Por números.*
15. *M: ¿Y cuál creen que sea el número que debe de estar aquí?*
16. *Ns: El uno, el dos, el tres, …*
    […]
17. *N3: Un cero.*
18. *M: ¿Quién es ese número?*
19. *Ns: Nada.*
20. *M: ¿Nada?*
21. *Ns: Cero.*
22. *M: ¿En dónde lo coloco? [la maestra se refiere a la bolsa que representa el número cero, para colocarla en la semirrecta pintada en la pizarra].*
23. *F: Hasta el final* [señala al extremo izquierdo de la semirrecta].
24. *M: ¿Hasta el final? ¿fue lo último que hicieron?*
25. *F: ¡Ah! ¡En el primero!* [corrige y cambia final por primero].

En el episodio se observan las dificultades B1 y B4, los niños tienen dificultades para identificar *el número cero como conjunto vacío*. Esto se puede entender que es debido a un obstructor cognitivo proveniente de su conocimiento previo (OB 1) del cero como cifra, lo que también les dificulta identificar al *número cero como primer* número (A1), pues han aprendido que el primer elemento de la secuencia contadora es el uno, como lo expresan N_s (16) al empezar por el uno. Sin embargo, la respuesta de N_3

(17) indica que reconoce que cero va antes que el número uno, lo que es recapitulado por los demás niños N_s (19 – 21).

La dotación de sentidos aparece en las primeras líneas (1 – 7), al relacionar las palabras *nada* y *vacío*: N_1 (4); y N_2 (6). El alumno A (8) hace un razonamiento inductivo (APS 1) al usar la palabra *nada* para justificar el *vacío*, con lo cual dota de sentido intermedio (DS 1) a la ausencia de elementos, dando la pauta a otros sentidos intermedios expresados como *no metes algo, no tiene nada, no está pesado y lo que no es lleno* (líneas 9-11), N_e (11) verbaliza su deducci*ón* (APS 2) con la acción de no introducir elementos y la relaci*ón de* dos nociones distintas (masa y peso).

De las líneas 12 a 16, se observa un razonamiento abductivo (APS 3), cuando E (12), hace una inferencia hipotética al proponer el uso de números para referirse al vacío; pero para otros niños N_s (16) tienen la dificultad para nombrar al vacío. N_3 (17) deduce que el número que se busca es el cero, lo que es reafirmado por sus demás compañeros N_s (19-21).

En la línea 22, se observa la dificultad B4, cuando se les pregunta en qué punto de la recta van a colocar la bolsa del número cero. Para unos niños es indiferente si el principio del segmento es a la izquierda o a la derecha porque aún no han establecido que el orden es de izquierda a derecha F (23). Esta es una dificultad para *identificar que el cero es un punto origen de la recta*. Esto es una ausencia en el modelo de Von Neumann, dado que no hay referencias que den cuenta de la linealidad y direccionalidad del orden. El alumno F (25) manifiesta una dotación de sentido intermedio (DS 1) cuando verbaliza y exclama ¡Ah! ¡En el primero! corrigiendo su hipótesis inicial, precisando además los puntos de referencia en la recta: principio y final.

E_2 *¿Podemos construir el siguiente número?*

1. *M: ¿Podemos construir el siguiente?*
2. *N_s: El uno.*
3. *M: ¿Cómo le haremos para construir el que sigue?*
4. *Ne: Tomar otra bolsa y ponerle el uno*.
5. *M: ¿Qué tenemos aquí?* [mostrando la bolsa vacía].
6. *N_s: Vacía*.
7. *M: Vacío, pero necesito…*
8. *N_s: El uno*.
9. *M: ¿Cómo le haremos, porque esta bolsa está vacía?*
10. *N_s: ¡Póngale el uno!*
11. *M:* [introduce la bolsa del cero que se construyó previamente y les pregunta].
12. *M: ¿Cuántas bolsas hay adentro?*
    […]
13. *N_s: Una.*
    […]
14. *M: ¿Qué número se formó aquí?*
15. *N_s: Un uno.*
16. *M: ¿Por qué es uno, Emiliano?*
17. *E: Porque el uno es primero*.
18. *M: Nicole...*
19. *Ne: Porque el uno va después que el cero*.
20. *M: ¿Dónde lo coloco?*
21. *N_s: En el primero*.
22. *M: ¿En el primero? ¿Quién está en el primero?* [señala al cero que está colocado en la recta].
24. *N_s: Un número cero*.
25. *E: Lo pasas para el segundo* [se refiere a la derecha del cero, en la recta].

En este episodio se observa la dificultad B3 y B2. Se puede apreciar que una vez situado el número cero en la recta en el episodio anterior en las líneas (1-3), los niños saben que su sucesor es el uno, dando un sentido intermedio (DS 1) a la expresión *el que sigue*. Sin embargo, cuando Ne (4) dice: *tomar otra bolsa y ponerle el uno*, se observa la dificultad para identificar que *todo el sucesor de cero contiene a la bolsa del cero*, porque los niños consideran que basta con etiquetar con el número *uno* otra bolsa vacía; pero entonces no es el uno, sigue siendo la bolsa del cero. Esta dificultad persiste en (6-10), puesto que no identifican que el número uno ha de contener el elemento cero. Se puede decir que esta dificultad se debe a un obstructor cognitivo (OB 1) que proviene de cómo los niños han aprendido que la secuencia contadora comienza por el número uno.

La acción que realiza la maestra (11, 12 y 14) frente a todo el grupo, al introducir la bolsa del número cero dentro de la bolsa del uno, permitió que los niños N_s (15) observaran que ese *número es el uno* y contiene al elemento cero (ver P_2). Pero para otros niños (líneas 17 y 21) sigue siendo un obstructor (OBS 1) el seguir la lógica de construcción y usar la reversibilidad para identificar que *el cero es el antecesor del uno*. Es hasta después del argumento deductivo (APS 2) de Ne (19) cuando dice *el uno va después del cero*, lo que lleva a E (24) a corregir su respuesta, con el argumento inductivo (APS 1) de que este número va a la derecha del cero.

E_3 «*Como soy*»

1. *M: ¿Quién va primero?*
2. *Ns: El uno.*
3. *M: ¿El uno va primero?*
4. *Ns: El cero, el cero…*

   […]
5. *M: ¿Quién sigue después del cero?*
6. *Ns: El dos.*
7. *M: Escuchen. ¿Quién sigue después del cero?*
8. *Ns: El uno.*
9. *M: ¿Quién está antes del uno?*
11. *Ns: El dos.*
12. *M: ¿Quién?*
13. *A: El dos.*
14. *Ns: ¡El cero!*
15. *M: Axel dice que el dos. ¿El dos está antes del uno?*
16. *Ns: ¡Nooo!*
17. *M: ¿Quién está antes del uno?*
18. *Ns Cero.*
19. *M: ¿Quién está antes del cero?*
20. *Ns: Nadie.*
21. *M: ¿Quién es el primer número que aparece?*
22. *Ns: Cero, el cero.*

En este episodio la dificultad que se observa es A2. En el episodio anterior dotaron de sentido (DS 1) al proceso de construcción de los números cero y uno, pero se sigue observando en las líneas (1-12) que los niños tienen dificultades para *identificar el sucesor y antecesor del número uno*. Esto podría ser debido a una manifestación del obstructor cognitivo (OB 1), que una vez más está ligado a la manera en que los niños han aprendido los números, no están acostumbrados a reflexionar los procesos de construcción, lo que se puede interpretar como una respuesta sin pensar cuando dicen «dos» (líneas 6 y 12), por lo que la maestra vuelve a centrarlos haciendo determinadas preguntas M (3, 5, 7, 9, 11),

dificultad que persiste en las respuestas de N_s (10) y A (12). En las líneas (16 a 21) los niños expresan la dotación de sentidos intermedios (DS 1), dando cuenta de la relación de antecesor y sucesor entre el cero y el uno como producto de la construcción.

E_4 *¿Podemos construir el siguiente?*

En este episodio los niños de este grupo (7-8 años) ya han construido el cero y el uno.

1. *M: ¿Podemos construir el siguiente?*
2. *Ns: Sigue el dos [organizados en equipos de tres o cuatro niños construyen los antecesores del número 2].*
3. *M: Vamos a revisar los números que han hecho… En este equipo tienen una bolsa del 2, veamos que hay adentro, ¿está el…?* [la maestra toma la bolsa etiquetada con el número dos que hicieron los niños de uno de los equipos (ver figura 14)].

Fig. 14. Bolsa construida por los niños.

4. *Ns: El uno* [la maestra extrae la bolsa/número uno, mostrando a todo el grupo que la bolsa/número uno contiene a la bolsa/número cero (ver figura 15)].

Fig. 15. Bolsa/número uno.

5. *M: ¿Está completo?* [la bolsa/número uno contiene a la bolsa/número cero].
6. *Ns: Sí, dentro del uno está el cero.*
7. *M: ¿Es correcto para tener el dos?* [pero para completar la bolsa/número dos falta otra bolsa, la del cero que es la bolsa vacía (ver figura 16)].

Fig. 16. Así debió quedar la bolsa/número dos.

8. *Ns: ¡Sí!, ¡Nooo!…*
9. *M: ¿Qué le falta?*
10. *J: Otro elemento.*
11. *Z: El cero* [Zoe entrega su bolsa del cero].
12. *M: ¿Qué tenemos que hacer?*
13. *Ns: Meterla dentro de la bolsa del dos.*

14. *M: Entonces ahora, ¿cuántos elementos tiene?*
15. *Ns: El uno y el cero.*
16. *M: ¿Está correcta?* [en este otro equipo la bolsa del número 2 tiene dentro dos bolsas vacías etiquetadas una con cero y otra con el uno (véase figura 17)].

Fig. 17. A la bolsa/número uno le falta la bolsa/número cero.

17. *Ns: ¡Nooo!*
18. *M: ¿Qué le falta?*
19. *Ns: La bolsa del cero adentro.*
20. *M: ¿Adentro de quién?*
21. *N1: Del uno* [otro niño del equipo entrega una bolsa vacía con la etiqueta del cero para meterla en la bolsa de uno].
22. *M: Ya tenemos las dos, ahora ¿qué sigue?*
23. *Ns: Meterlas a la bolsa del dos.*
    […]

Fragmento del episodio de la construcción del número nueve

23. *M: ¿Hubieran imaginado que dentro del número nueve hay todos estos números?*
23. *Ns: ¡Nooo! ¡Está bien gordo!*
23. *N2: Y va ser más gordo que nunca, ¿imagínate el diez?*
23. *N3: ¡Se tendría que tener una bolsa de la basura para el cien!*

En este episodio se observa la dificultad B3 y B2. La tarea consistió en construir la bolsa del número dos, trabajando en equipos. En las líneas 1-9, los niños de un equipo tuvieron la dificultad para *reconocer que todo sucesor contiene a todos los anteriores*, pues dentro de la bolsa etiquetada con el número dos, solo contenía la bolsa del número uno, faltando la bolsa vacía etiquetada con el número cero. Esto se esquematiza en la figura 18:

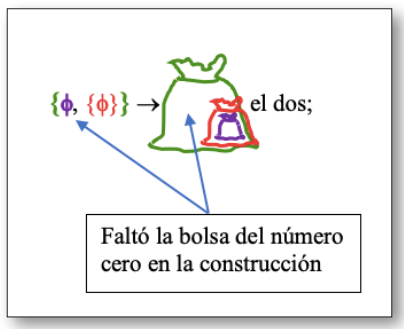


Fig. 18. Construcción incompleta del número dos.

Para algunos niños, como N_s (7) la dificultad ha sido superada, pero el resto del grupo N_s (9) no ha encontrado sentido a la construcción ordinal de cada número, al contestar «¡Sí!, ¡Nooo…!» a la

pregunta de M (8). Hasta que J (11) expresa que falta otro elemento, dotando de sentido la acción de iterar (DS 1), acción que le sigue Z(12) (DS 1) cuando entrega una bolsa vacía como número cero, por lo que los N_s (14) siguen la lógica de construcción (DS 1) e indican que se deben introducir estos dos elementos en la bolsa del número dos.

En otro equipo, los niños tienen dificultad para *reconocer que el cero es el único número que pertenece a cualquier sucesor*, pues en su bolsa que han construido etiquetada con el número dos, tienen dos bolsas vacías, una etiquetada con el cero y la otra con el número uno, les falta la bolsa vacía del número cero dentro de la siguiente bolsa (la del uno). La figura 19 ilustra lo que construyeron.

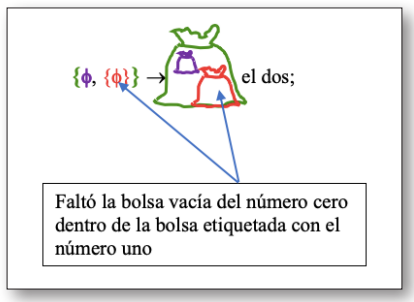


Fig. 19. La bolsa etiquetada con el número uno está vacía.

Después de la revisión con el equipo anterior, en este equipo los N_s (18 y 20) ya explican que la bolsa del número dos no está completa, lo que da evidencia de dotación de sentido intermedio (DS 1). Este proceso permite que N_1 (22) indique que el cero está en el uno, acto seguido N_s (24) exclaman que deben meter las dos bolsas (cero y uno) a la bolsa del dos, dando sentido de ordinalidad a la construcción.

Con el uso de un proceso recursivo en la construcción de cada número, los niños logran dotar de sentido (DS 1), superando el obstructor (OB 1) en la construcción del número nueve. N_2 (27) usa un argumento inductivo (APS 1) para verbalizar la imagen mental que se hace del tamaño de la bolsa del número diez N_3 (28) hace un razonamiento inductivo (APS 3) al exclamar en voz alta el tamaño de la bolsa del número cien. Esta inferencia les ha permitido desarrollar procesos de generalización, pues intuitivamente le han dado sentido a que el número siguiente va a necesitar una bolsa de mayor volumen.

E_5 ¿Podemos construir el siguiente?

Los alumnos de tercer grado construyen el número uno.

1. *M: ¿Podemos construir el siguiente?*
2. *C: Sí.*
3. *M: ¿Cómo lo haremos?*
4. *C: Sumándole.*
5. *M: ¿A quién tenía anteriormente?*
6. *G: Al cero.*
7. *M: Entonces esta otra bolsita, ¿cómo está?* [se refiere a la bolsa del número uno].
8. *Ns: Vacía.*
9. *M: Pero si meto adentro de esta bolsa vacía la bolsa del cero, ahora ¿cuántos elementos tiene?*
10. *G: Uno.*
11. *M: ¿Qué número le voy a dar a esta nueva bolsa?*
12. *V: Uno.*
13. *M: Entonces para que pueda ser el uno es hasta que…*
14. *G: ¡Hasta que entre el pasajero!*

Aunque en este episodio no se observan dificultades, es importante mostrar cómo los niños usan sus conocimientos previos para dotar de sentido (DS 1) a la construcción del sucesor. C (4) usa la suma en su significado de *añadir*. G (14) usa la palabra *pasajero* para nombrar la bolsa que contiene al elemento cero. Obsérvese que en el primer caso se usa un código convencional, mientras que en el segundo se usa un código personal.

E_6 *Construimos la tabla de multiplicar*

(Construyendo el sucesor de $6 \cdot 3$).

1. *M: ¿Quién sigue?* [la maestra se refiere a qué producto sigue] *¿Cómo lo vamos a leer?*
2. *Ns: Siete veces tres.*
3. *M: ¿Quién era el anterior?*
4. *G: Seis* [señalando con su mano en la pizarra el $6 \cdot 3$].
5. *M: ¿Cuántas veces lo vuelves a iterar?*
6. *G: Una vez más* [Valeria usa la semirrecta para representar la iteración de 3 en 3, a partir del 10 + 8].
7. *M: ¿A qué número llegaste?*
8. *V: Al 21.*
9. *M: ¿Cómo lo vamos a representar?* [Valeria escribe en la pizarra 10 + 1].
10. *M: ¿Qué le falta? ¿Qué tiene que hacer?*
11. *O: Tiene que poner otro uno* [el niño escribe en la pizarra: 10 + 11].
12. *M: ¿Es correcto?*
13. *Ns: ¡Nooo!*
14. *M: ¿Cuántas fichas rojas tiene?*
15. *Ns: Dos.*
16. *M: Entonces…*
17. *Ns: Dos veces 10.*
18. *M: ¿Cómo será?*
19. *Ns: Dos veces diez.*
20. [Valeria escribe: 10 + 2].
21. *M: ¿Está bien?*
22. *Ns: No ahí es 12.*
23. *M: Acuérdate como lo hemos hecho* [Valeria escribe $2 \cdot 10$].
24. *M: ¿Qué le falta?*
25. *Ns: El uno.*
26. *M: ¿Cómo le hacemos?*
27. *G: Más uno.*
28. *M: ¿Cómo lo escribimos?*
29. *G: Dos veces 10 más uno.*

En este episodio se observa la dificultad C1. En las primeras líneas (1-9) se presenta la dotación de sentido (DS 1) para identificar que el producto que sigue a $6 \cdot 3$ es siete veces tres N_s (2). Es importante señalar que no hay manifestación del obstructor (OB 2) para identificar que el producto $6 \cdot 3$ está antes del producto $7 \cdot 3$. G (6) logra argumentar inductivamente (APS 2) que se necesita iterar una vez más la unidad.

Caso contrario en V (8) que, apoyándose en la semirrecta, itera correctamente el número *tres*, después del producto anterior $6 \cdot 3$ pero tiene dificultad con el *uso sintáctico de* $2 \cdot 10 + 1$. para representar el producto de $7 \cdot 3$. Esta dificultad es recurrente en otros alumnos, como O (11) que escribe en la pizarra $10 + 11$, lo que se puede entender como un obstructor cognitivo (OB 1), dado que no han

tenido experiencia de usar los números de esta forma. Después en las líneas (12-19) hacen una serie de reflexiones y ensayos sin lograr escribirlo correctamente, V (20) escribe solo un diez, tal y como lo hicieron en la suma, pero no da cuenta de la iteración del 10, dificultad que proviene del obstructor cognitivo (OB 2) para usar la relación de reversibilidad. La aclaración de N_s (22) para corregir lo que V(20) escribió en la pizarra ($10+2$), en realidad es doce y no dos veces diez, es un argumento inductivo (APS 1); lo que permite a Valeria modificar su respuesta V (24), pero solo itera dos veces la unidad: $2 \cdot 10$. No se ha dado cuenta de que en la semirrecta avanzó un lugar más del segundo 10, por lo que intervienen N_s (25) y dicen que falta un uno, argumento que es retroalimentado por G (27) al deducir (APS 2) y afirmar que falta uno más y verbalizando «dos veces diez más uno».

CONCLUSIONES Y CONTINUIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Para cerrar este espacio de discusión, se insiste en que el objetivo de este trabajo es averiguar las dificultades de aprendizaje que los niños enfrentan cuando se les enseña con un modelo fundamentado en la estructura formal de Von Neumann, centrado en el principio de la ordinalidad a partir de la construcción del número cero e identificando que cualquier sucesor contienen a todos los anteriores.

Conforme se repetía el proceso de construcción de cada número (usando la iteración como principio de construcción) y la edad de los niños aumentaba, se remontaban las dificultades. La interacción que se dio en la construcción de los intertextos facilitó la dotación de sentidos intermedios, posibilitó la producción de procesos de significación y propició una ruptura de los conocimientos numéricos adquiridos en la familia y la escuela, facilitando un pensamiento tendiente a la abstracción.

Los niños de 1.er grado lograron superar las dificultades utilizando los argumentos de inducción, deducción y abducción para significar las acciones dirigidas a la construcción del conjunto vacío como número cero.

Los niños de 2.º grado superaron rápidamente las dificultades en la construcción de los primeros cinco números, realizaron procesos de lectura/transformación en sus primeros acercamientos a la noción de cero como conjunto vacío y cómo el único número que es el antecesor de todos los sucesores. Dotaron de sentido la construcción del sucesor al completar las celdas en la tabla de suma, usando la forma 10 + *a*, pero tuvieron dificultad al usar la forma $a \cdot 10 + b$, para representar al producto en cada celda de la tabla de multiplicación.

Los niños de 3.er grado no presentaron dificultades en la construcción de los primeros números, incluyendo el cero. Dotaron de sentido intermedio la noción de sucesor al introducir la palabra «pasajeros» que hizo un estudiante de este grupo, permitiendo usar pragmáticamente el principio de ordinalidad. Se observó la dificultad al usar la forma , para representar el producto en cada celda en la tabla de multiplicación.

Durante el diseño del modelo de enseñanza se encontró que, en el modelo de Von Neumann y Hamilton y Landin (1961), hay una ausencia para representar la linealidad y el orden en la construcción de los números naturales, por lo que se introdujo el uso de una semirrecta como un recurso didáctico para este fin. Este recurso permitió que los niños establecieran la linealidad del orden de los números, colocando la bolsa del cero como el primer elemento de la construcción. Los niños pudieron usar la forma que se les propuso para los números mayores que diez y para los números mayores de usaron la forma .

REFERENCIAS

Aguado, A. (1940). *Aritmética del párvulo. Método por imágenes*. Madrid: Editorial Autor.

Barthes, R. (1985). *La aventura semiológica*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.
Condorcet, N. (1854). *Moyens d'apprendre a compter*. París: Imprimeur libraire.
Filloy, Y. E. (1999). *Aspectos teóricos del* álgebra educativa. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
Filloy, E. Rojano T. y Puig L. (2008). *Educational Algebra: A Theoretical and Empirical Approach*. EE. UU.: Springer.
Hamilton, N. y Landin, N. (1961). *Set Theory and The Structure of Arithmetic*. Boston: Allyn and Bacon, Inc.
Mosterín, J. (2000). *Los lógicos*. Madrid: Espasa Calpe.
Peirce, Ch. (1987). *Obra lógico semiótica*. Madrid: Taurus.
SEP (2011). *Plan de estudios*. México: Secretaría de Educación Pública.
SEP (2015). *Desafíos matemáticos*. Libro para el alumno, primer grado. México: Secretaría de Educación Pública.
Talizina, N. (2000). *Manual de Psicología Pedagógica*. San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de SLP.
Talizina, N. Comp. (2001). *La formación de las habilidades del pensamiento matemático*. San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de SLP.

Difficulties in the construction of natural numbers including zero with 6-8 year-old students

María Leticia Rodríguez González
Departamento de Matemática Educativa. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN - México
leticia.rodriguez@cinvestav.mx

Eugenio Filloy Yagüe
Departamento de Matemática Educativa. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN - México
e.filloy@cinvestav.mx

Bernardo Gómez Alfonso
Departamento de Didáctica de las Matemáticas. Universidad de Valencia. España
bernardo.gomez@uv.es

The general aim of this piece of research is to study the learning difficulties that children from 1st to 3rd grades of primary have in the construction of natural numbers, including zero, by means of a sequence of activities that follows the formal model of Von Neumann to simultaneously work with the principles of ordinality and cardinality.

The theoretical support draws on the idea by Filloy, Rojano and Puig (2008, pp. 41 y 42), which is the formal analysis of the problem that allows us to see its origin and cause by reducing it to its primary elements. In the case of the construction of natural numbers, these primary elements are, according to the formal model of Von Neumann (Hamilton and Landin, 1961), in iteration as the most basic operation and as the basis of the recursive process. This model proposes a logic construction that requires a Mathematical Sign System (SMS) based on the construction of zero as a number and as an empty set.

The questions that guide the research are:

– What elements should be considered to design a teaching model that allows the Formal Model of Von Neumann to be translated into concrete activities aimed at primary school children?
– What are the learning difficulties that are observed when children construct natural numbers based on the formal model of Von Neumann?

The methodological support with which the research is organized is made up with the local theoretical models (MTL) and its components. The formal component is the theoretical basis for the design of the teaching component, as well as the cognitive and communication components. They are the basis for interpreting the actions of students in teaching activities.

For this particular case, this MTL has been designed:

– Formal component: it is based on Von Neumann's Model, because it uses iteration and recursion encapsulated within axioms of the formal model and in the finite induction principle, for the construction of the successor.
– Teaching component: it is the sequence of activities articulated as a collection of concrete texts supported by the use of manipulative material, the product of a translation of the formal model so that students understand this formal model and can convert it into increasingly abstract texts with a conventional mathematical meaning.
– Cognitive component: it is based on the theory of activity (Talizina, 2001) and it seeks to identify the obstructions that generate difficulties in the transition from action to operation through assimilation, along with the development of reversibility actions to consolidate the generalization and abstraction of thought.
– Communication component: it is based on the semiotics of Peirce (1987), the attention is focused on the significant relationships (between syntax, semantics and pragmatics), on the processes of meaning and the logic of use of SMS, to identify and understand the difficulties that students have when producing meaning and constructing meaning of the activities proposed with the teaching model.

Once the experimentation of the teaching model with children had been carried out, the class sessions were analyzed with the contributions of the formal, cognition and communication components in three moments:

1. Recurring difficulties that students have with the use of numbers. These difficulties were classified into three axes:
    a) Pragmatic and spontaneous knowledge.
    b) Semantic use.
    c) Syntactic use of operations.
2. The analysis categories were designed, which are the product of the contributions of each component, organizing them into three blocks: Obstructions from processes and cognitive knowledge; arguments of induction, deduction and abduction as processes of significance; and provision of sense of SMS.
3. The difficulties were explained in light of the categories.

The results were highlighted and explained the difficulties that students had with the activities of the teaching sequence. School experience and age can influence, but they don't determine learning, so this opens up new horizons of possibilities to develop abstract math thinking.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 38-3 (2020), 81-103
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2833
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Competencia digital de estudiantes de Secundaria al buscar y seleccionar información sobre ciencia

Secondary students' digital competence when searching and selecting scientific information

Daniel Valverde-Crespo
IES Los Cantos. Bullas, Región de Murcia, España
daniel.valverde@um.es

Antonio de Pro-Bueno
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad de Murcia. Murcia, España.
nono@um.es

Joaquín González-Sánchez
Departamento de Química Física. Facultad de Química. Universidad de Murcia. Murcia, España
josquin@um.es

RESUMEN • En la actualidad internet es la primera fuente de información sobre ciencia y tecnología, y la adquisición de las competencias para utilizar una herramienta tan asentada socialmente se considera deseable para la alfabetización científica de los ciudadanos. Por ello, en este estudio se pretende describir las competencias digitales, que manifiestan unos estudiantes de 3.º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), para buscar, seleccionar y utilizar información sobre una temática científica: una experiencia sobre la lluvia ácida. Tras aplicar un cuestionario, se emplean dos técnicas diferentes de vaciado para el análisis de las respuestas de los participantes. Identificamos las diferentes secuencias para buscar en red, para usar la información y para valorarla.

PALABRAS CLAVE: Competencia digital; Educación Secundaria Obligatoria; Internet; Enseñanza de las ciencias; Lluvia ácida.

ABSTRACT • Nowadays, Internet is the first source of information on science and technology, and the development of competences for using this socially established tool is considered as desirable for the scientific literacy of citizens. For this reason, this study intends to describe the digital competences which are shown among students in the third year of Compulsory Secondary Education (ESO in Spanish), to search, select and use information on a scientific topic, more particularly, on acid rain. After applying a questionnaire, two different analysis techniques are used to assess the participants' responses. We identify different sequences to search in network, to use the information and to assess it.

KEYWORDS: Digital competence; Secondary education; Internet; Science teaching; Acid rain.

Recepción: noviembre 2018 • Aceptación: diciembre 2019 • Publicación: noviembre 2020

Valverde-Crespo, D.; de Pro-Bueno, A. y González-Sánchez, J. (2020). Competencia digital de estudiantes de Secundaria al buscar y seleccionar información sobre ciencia. *Enseñanza de las Ciencias, 38*(3), 81-103.
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2833

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Hace más de una década que las TIC se encuentran integradas en nuestra sociedad y forman una parte importante de diferentes ámbitos de nuestra vida. De hecho, han cambiado la forma de informarnos, comunicarnos, relacionarnos, compartir o discutir ideas, entre otros aspectos.

Esta integración de las TIC algunas veces ha ocurrido de espaldas al ámbito educativo. A pesar de ello, las generaciones actuales de estudiantes las han incorporado a sus vidas desde edades tempranas, son parte indispensable de su ocio, de sus relaciones personales, y son el medio más extendido para informarse y comunicarse (Area, Borrás y San Nicolás, 2015).

Esta realidad social exige que la formación en TIC forme parte de la educación obligatoria para poder hacer un uso racional, crítico y seguro de estas, ya que no se pueden ignorar los riesgos que entrañan (Valverde-Crespo, Pro-Bueno y González-Sánchez, 2020): los problemas de fiabilidad, la influencia de la publicidad, los sesgos ideológicos de las noticias, la presencia de información basura, la seguridad en la red, etc. Y, ante esta situación, se precisa una ciudadanía formada y crítica.

Desde la perspectiva del aprendizaje científico, el empleo masivo de las TIC y su accesibilidad y rapidez han convertido a internet en la principal fuente de acceso a la información sobre ciencia y tecnología en contextos no formales (Brossard y Scheufele, 2013), siendo los jóvenes entre 15 y 24 años en los que más destaca esta tendencia (Revuelta y Corchero, 2017). El binomio competencia científica-competencia digital no se puede considerar como ámbitos independientes cuando hablamos de la formación básica de un ciudadano.

Por ello, el objetivo central de esta investigación consiste en identificar qué competencias digitales han desarrollado unos estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), en un contexto de aprendizaje de las ciencias. De este modo nos hemos planteado:

- Problema de investigación 1: ¿Qué competencias manifiestan un conjunto de estudiantes de ESO cuando buscan y seleccionan información en internet sobre una temática científica? Pretendemos describir y valorar los procesos de búsqueda de información y los criterios que emplean cuando les planteamos unas cuestiones sobre la lluvia ácida.
- Problema de investigación 2: ¿Qué competencias manifiestan dichos estudiantes cuando utilizan la información sobre una temática científica a la que acceden y seleccionan? Una vez seleccionadas las páginas web, pretendemos estudiar cómo usan la información contenida en ellas y cómo la valoran.

REVISIÓN DE APORTACIONES

La competencia digital y la búsqueda de información en internet

La competencia digital es una de las incluidas en el currículo oficial. En su origen fue definida como «el uso seguro y crítico de las tecnologías de la sociedad y la información para el trabajo el ocio y la comunicación» (The European Parliament and the Council, 2006, p. 15).

Como ya dijimos en otro trabajo (Valverde-Crespo, Pro-Bueno y González-Sánchez, 2018), años después, han surgido aportaciones con diferentes enfoques (generalistas, escolares, profesionales…) que tratan de clarificar su significado. Este trabajo se apoya en el DIGCOMP: The Digital Competence Framework for Citizenzs (Ferrari, 2013), un marco de consenso a nivel europeo que giran en torno a cinco áreas interrelacionadas y que resultan claves para la ciudadanía: información, comunicación, creación de contenido, seguridad y resolución de problemas.

Los problemas abordados en esta investigación se ubican en la subcompetencia «Navegación, búsqueda y filtrado de información», lo que implica: «Acceder y buscar información online, articular las necesidades informativas, seleccionar recursos de forma efectiva, navegar entre recursos y crear estrategias personales de información» (Ferrari, 2013, p. 15).

Igualmente se debe destacar las causas de las dificultades que presenta el tratamiento escolar de la competencia digital. Entre ellas se encuentran:

- Las competencias adquiridas por los estudiantes fuera del aula y con las que acuden a sus centros educativos: estrategias de búsqueda superficiales, ausencia de filtrado y valoración de los contenidos, problemas de seguridad… que pueden actuar de factores limitantes en el desarrollo de competencias de mayor nivel (Colwell, Hunt y Reinking, 2013; Pereira, Fillol y Moura, 2019).
- Las dificultades asentadas en el profesorado tales como el desconocimiento de lo que significa e implica la adquisición de competencias, la resistencia a cambios en su práctica docente, la inseguridad personal respecto al uso de las TIC, etc. (Gómez, Cañas, Gutiérrez y Martín-Díaz, 2014) y, sobre todo, que su adquisición debe realizarse desde todas las materias (entre ellas, desde las asignaturas de carácter científico).

Disponemos de datos que condicionan el grado de desarrollo de esta competencia en nuestro alumnado. Así, en el Informe de PISA (OECD, 2015), se señala que, independientemente de su nivel socioeconómico, nuestros estudiantes utilizan las TIC un tiempo promedio superior a la media de la OECD. Además, aquellos con mayor nivel socioeconómico realizan más búsquedas o leen más noticias en la red. Este informe señala también que navegan por internet para realizar tareas de clase, dentro o fuera del aula, con una frecuencia superior a otros países, a la vez que mejoran sus resultados en la prueba de lectura con respecto a los que nunca realizan búsquedas.

La competencia digital en la enseñanza de las ciencias

Hay aportaciones en la didáctica de las ciencias experimentales (DCE) que también se han ocupado de esta cuestión. Pedrinaci (2012) seleccionó las capacidades prioritarias para formar personas científicamente competentes, entre las que se pueden encontrar: «la búsqueda y selección de información relevante para el caso y su procesamiento (en relación con la práctica de la ciencia), la valoración de la calidad de una información científica en función de su procedencia y los métodos para generarla, y la comprensión e identificación de rasgos propios de la ciencia (en relación con la naturaleza de la ciencia)».

De forma más concreta, hemos señalado que, en el trabajo científico actual, el acceso a la información, su análisis y su discusión son capacidades necesarias y que, por tanto, deben atenderse en las aulas de ciencias, por ofrecer unas oportunidades didácticas, como la mejora del conocimiento y los procedimientos científicos, el traslado de su utilidad más allá del aula, o ser críticos con los contenidos que accedemos o que nos llegan de forma pasiva (Valverde-Crespo, Pro-Bueno y González-Sánchez, 2018).

Por tanto, existe cierto consenso –corroborado en el estudio Delphi de Blanco, España, González y Franco (2015) con profesionales del ámbito científico y de su enseñanza– al afirmar que las competencias en búsqueda y selección de información deben trabajarse en las aulas de ciencias de Secundaria puesto que son aprendizajes científicos deseables para toda la ciudadanía.

Las investigaciones en DCE han puesto de manifiesto que los niveles mostrados en estas competencias por los estudiantes de Secundaria son mejorables; mostrándose como usuarios pasivos en las estrategias de búsqueda empleadas (Julien y Barker, 2009). Algunos factores causales son expuestos por Álvarez-Herrero (2010) en su trabajo sobre elementos químicos y la tabla periódica: los estudiantes no

saben cómo realizar una búsqueda de forma más efectiva (opciones de búsqueda avanzada, operadores booleanos…) se limitan a usar la herramienta a la que están habituados y la sobresaturación informativa existente en internet les lleva a considerar el proceso como tedioso, manifestando poca motivación y situaciones de desasosiego. Dimopoulos y Asimakopoulos (2010) también discuten estos aspectos con detalle y revelan que los estudiantes en Educación Secundaria tienden a navegar de forma superficial por internet, buscando respuestas elaboradas y exactas a lo que se les plantea, sin considerar la calidad de la respuesta final y sin una reflexión ni una precaución sobre los contenidos a los que acceden.

La puesta en práctica de propuestas ha mostrado que se pueden lograr mejoras en los niveles de competencia para buscar información en la red (Argelagós y Pifarré, 2012). Sin embargo, es preciso mantenerlas ya que, como muestran Colwell, Hunt y Reinking (2013), tras el paso del tiempo, los estudiantes vuelven a utilizar los procedimientos superficiales de bajo nivel competencial que usaban, probablemente porque se encuentran muy interiorizados en su contacto diario con la tecnología, en especial fuera del aula.

En propuestas realizadas en la DCE, que pretenden la adquisición y mejora de las competencias digitales del alumnado, es habitual emplear contextos cotidianos que resulten de su interés y, a partir de ellos, formular cuestiones que requieran una búsqueda, valoración, filtrado y selección de información, pedir respuestas argumentadas en torno al conocimiento científico disponible y tomar decisiones en la vida cotidiana. Las propuestas de Rodríguez, Blanco y Rueda (2011), Franco, España y Blanco (2014) o Moreno, España y Blanco (2016) son ejemplos de ello.

METODOLOGÍA

Contexto de investigación

Este trabajo presenta un enfoque exploratorio y descriptivo, dados los problemas de investigación planteados. Participaron 77 estudiantes de 3.º de ESO de tres Institutos de Educación Secundaria (IES) públicos de la ciudad de Murcia. Por cada centro participó un grupo de estudiantes de los que resumimos sus características en la tabla 1.

Tabla 1.
Características generales de los participantes

Centro	*Total*	*Chicos*	*Chicas*	*Nota media en Física y Química 2.º ESO*
Centro 1	17	6	11	7,90
Centro 2	31	19	12	6,51
Centro 3	29	13	16	6,83
Total	77	38	39	6,85
Edad: 14 y 15 años.				
Nivel socioeconómico: Medio-alto.				

En una aportación anterior (Valverde-Crespo, Pro y González-Sánchez, 2019*a*) relatamos las percepciones de estos participantes acerca de su uso de las TIC en relación con la materia de Física y Química, tanto dentro como fuera del aula. Como datos destacados señalamos que eran usuarios activos y diarios de dispositivos tecnológicos y de internet. El 81 % disponía de más de dos dispositivos, siendo los más frecuentes el *smartphone*, el ordenador portátil y la tableta. Asimismo, la mayoría (76 %) afirmaba usarlos más de dos horas al día. Reconocían un uso más frecuente fuera del aula (diario el 29 %,

entre 3 y 5 veces por semana el 37 %) y entre sus «usos escolares» más habituales citaban las búsquedas en red con diferentes finalidades (aclarar dudas, completar materiales de clase, resolver trabajos y problemas...).

Los tres centros participaban en el Proyecto Enseñanza XXI de la Región de Murcia. Consistía en una «incorporación generalizada de las TIC, junto con otros recursos educativos digitales, en el desarrollo de la actividad docente a partir de 1.º de ESO y su extensión a otros cursos» (CARM, 2014), pero un tanto desorganizada y poco sistematizada. No obstante, las actividades más habituales que realizaban en el aula eran el seguimiento del libro digital, la lectura de textos, las búsquedas concretas de información y el uso de algunos materiales hechos o propuestos por sus docentes. Los IES formaban grupos (uno por nivel educativo) de estudiantes que acudían a sus aulas con portátiles o tabletas, costeados por sus familias, y cada uno tenía una licencia de descarga de libros de texto electrónicos, que sustituían los convencionales.

No se dispone aún de resultados concluyentes, ni siquiera parciales, sobre la aplicación de este proyecto digital. No obstante, se han realizado algunas investigaciones iniciales. Así, el estudio de caso de Fernández-Miravete (2018) señala que el alumnado de 4.º de ESO que participó en este proyecto se autopercibe más competente digitalmente, y esta satisfacción es compartida por sus docentes.

Sin embargo, Adell (2013) había criticado que este tipo de proyectos no suele implicar cambios metodológicos suficientes para mejorar las competencias de los estudiantes. En este sentido, en otra aportación (Valverde-Crespo, Pro-Bueno y González-Sánchez, 2019b) entrevistamos a los docentes de Física y Química de nuestros participantes sobre sus percepciones respecto al proyecto, señalando que participar en grupos digitales y sustituir unos recursos tradicionales (libro de texto y pizarra) por otros tecnológicos (libro digital y presentaciones) no había supuesto cambios profundos en su práctica docente. Además, en relación con las búsquedas de información, reconocían que no habían proporcionado a sus estudiantes orientaciones para realizarlas o para mejorarlas.

Instrumentos de recogida de información

Existe debate en la investigación educativa sobre las estrategias más idóneas para valorar la competencia digital del alumnado, ya que todas presentan fortalezas y debilidades (Li y Tsai, 2007; Zhong, 2011; De Pablos, Colás, Conde y Reyes, 2017). Para nuestros participantes propusimos resolver unas cuestiones sobre la lluvia ácida mediante una búsqueda en internet individual, libre y autónoma. Tras la búsqueda y la resolución de dichas cuestiones, debían valorar, en términos de fiabilidad, los sitios web que ellos mismos habían elegido.

De este modo, cada participante realizó dicha experiencia a la vez que cumplimentaba un cuestionario que constaba de tres partes diferentes pero relacionadas entre sí:

- Parte I: Proceso de navegación, búsqueda y selección.
- Parte II: Uso de la información seleccionada para resolver cuestiones.
- Parte III: Valoración de la información seleccionada.

La experiencia se efectuó durante una clase de 55 minutos. Su realización fue individual y cada participante dispuso de su ordenador portátil o tableta propia, con los que acuden a sus aulas diariamente. Se llevó a cabo durante las primeras semanas del curso académico, tratando de minimizar los factores relativos a la práctica docente que pudieran diferenciarse en cada uno de los grupos (contenidos impartidos por el profesorado, diferentes actividades, etc.).

Parte I: Proceso de navegación, búsqueda y selección

A través de la búsqueda en internet, podían elegir libremente dos sitios web como máximo para resolver las cuestiones que les proponíamos en la Parte II. La información sobre el proceso de búsqueda y selección se recogió mediante un protocolo verbal-textual o relato por pasos que realiza cada participante de forma simultánea a la búsqueda. Se incluyen a modo de ejemplo algunas respuestas en las figuras 1a y 1b.

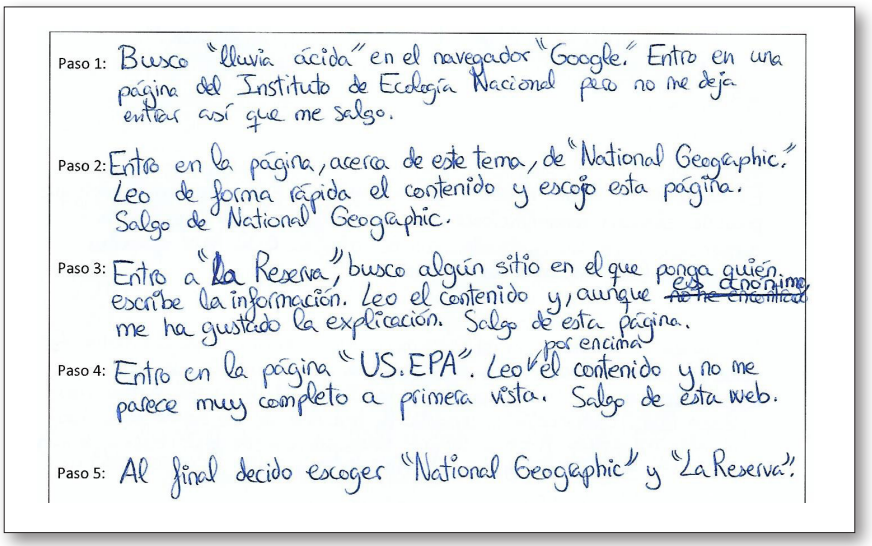


Fig. 1a. Ejemplo de respuesta parte I.

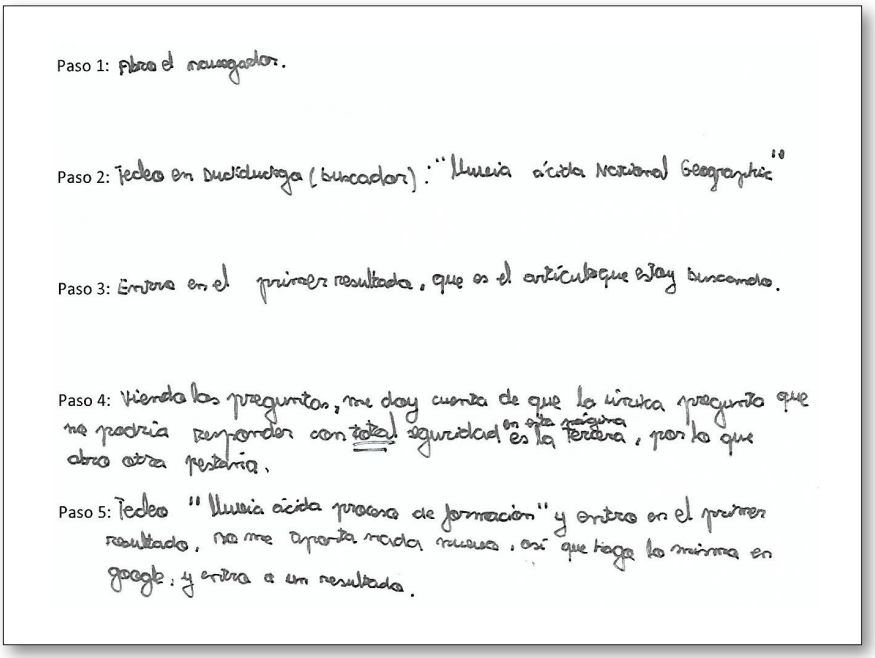


Fig. 1b. Ejemplo de respuesta Parte I.

Tras realizar el relato, se incluye un cuadro donde los participantes, a modo de síntesis, recopilan el buscador o buscadores empleados, las páginas web seleccionadas y los términos de búsqueda introducidos en cada caso.

Parte II: Uso de la información seleccionada para resolver cuestiones

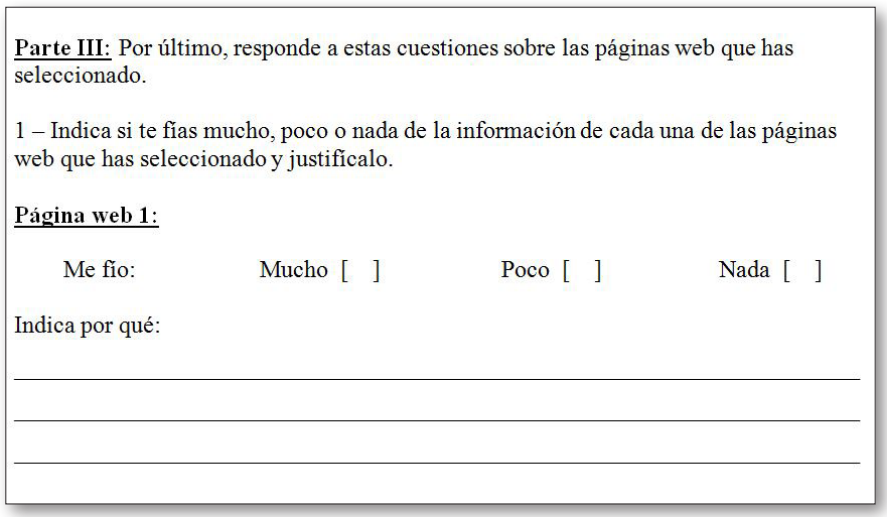
Consta de las cuatro cuestiones relacionadas con la lluvia ácida que deben resolver con la información de las webs seleccionadas. Estas se exponen en la tabla 2.

Tabla 2.
Cuestiones propuestas en la Parte II

Cuestión	*Enunciado*
1	Explica brevemente y con tus palabras qué es la lluvia ácida
2	Explica brevemente y con tus palabras por qué la lluvia ácida es un problema ambiental
3	a –¿Qué tipo de proceso es la formación de la lluvia ácida? – Cambio de estado [] - Reacción Química [] - Descomposición [] b –– ¿Por qué es ese tipo de proceso?
4	Indica dos posibles medidas para evitar la formación de lluvia ácida

Parte III: Valoración de la información seleccionada

En la Parte III se pregunta por la fiabilidad que los participantes otorgaban a los dos sitios web que habían seleccionado, como se expone en la figura 2.


Parte III: Por último, responde a estas cuestiones sobre las páginas web que has seleccionado.

1 – Indica si te fías mucho, poco o nada de la información de cada una de las páginas web que has seleccionado y justifícalo.

Página web 1:

Me fío: Mucho [ ] Poco [ ] Nada [ ]

Indica por qué:

Fig. 2. Formato de la cuestión planteada en la Parte III.

Como se observa, debían indicar el grado de confianza que depositaban y manifestar la valoración de la fiabilidad de las fuentes para justificar su respuesta.

Tratamiento de la información

A las respuestas se le aplicaron dos técnicas de vaciado de información complementarias:

- Vaciado A o de categorización cerrada: Aplicado solamente a la Parte I.
- Vaciado B o de categorización abierta: Aplicado a todo el cuestionario.

El vaciado A consiste en la aplicación de un modelo de niveles de desarrollo a las respuestas de los estudiantes. Se diseñó a partir del marco conceptual DIGCOMP (Ferrari, 2013), complementado por las aportaciones de Fuentes y Monereo (2008) y de Hernández y Fuentes (2011). Para esta subcompetencia digital, sobre la que se centra la Parte I, se desglosaron sus capacidades implicadas, que se muestran en la tabla 3. Para cada una se definieron tres niveles de desarrollo –«Básico», «Intermedio» y «Avanzado»– que nos permitieron clasificar las acciones de los participantes; se recogen en el Anexo 1.

El vaciado B consistía en un procedimiento de categorización abierta o inductiva de las unidades de información extraídas de las respuestas, y el recuento de su frecuencia absoluta.

DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Resultados vaciado A

La aplicación del vaciado A, o de categorización cerrada, permitió obtener los resultados recogidos en la tabla 3.

Tabla 3.
Resultados obtenidos por el vaciado A

Capacidad digital	*Nivel básico*	*Nivel intermedio*	*Nivel avanzado*	*Capacidad no realizada o manifestada*
1. Organización de la búsqueda a partir de la demanda informativa.	77	0	0	0
2.1 Elección de la herramienta de búsqueda.	76	1	0	0
2.2 Uso de la herramienta de búsqueda para acceder a la información.	76	1	0	0
3.1 Revisión de resultados propuestos por la herramienta.	69	3	0	5
3.2 Navegación entre distintos resultados propuestos por la herramienta.	37	11	0	29
3.3 Selección de resultados de la búsqueda.	63	9	0	5
4. Estrategias personales de información	74	3	0	0

De forma global, con este método, se ha analizado el nivel para 539 capacidades digitales (7 por cada uno de los 77 participantes), de las que en torno al 87 % han sido categorizadas en el nivel básico. La presencia de capacidades de nivel intermedio es mucho menor, en torno al 5 %.

De forma más específica para cada capacidad:

- Respecto a la capacidad digital 1, «Organización de la búsqueda a partir de la demanda informativa», se obtiene que todos muestran una adquisición básica de esta. Inician el proceso sin ningún tipo de organización, ni de reflexión previa sobre el alcance de la información que deben localizar. Este modo de proceder se puede calificar de «automático», lo que indica una interiorización, debido a que es posible que lo realicen de forma muy habitual.
- En relación con la capacidad 2.1, «Elección de la herramienta de búsqueda», casi la totalidad (76/77) muestra una adquisición básica. La práctica totalidad utiliza Google sin plantearse otras opciones, salvo en un caso, donde se elige otro motor de búsqueda (Bing) justificando que lo considera un buscador «más fiable».
- Respecto a la capacidad digital 2.2, «Uso de la herramienta de búsqueda para acceder a la información», de nuevo casi la totalidad (76/77) manifiesta un dominio básico. Han utilizado términos de búsqueda genéricos, siendo el mayoritario el propio tema objeto de la tarea, «lluvia ácida» (62/77). Solo en un caso se ha detectado un desarrollo intermedio en esta capacidad: emplea unos términos escogidos para llegar a una página web concreta y afirma que utiliza unos segundos términos de búsqueda al detectar que, con la información localizada, no es capaz de responder las preguntas.
- Respecto a la capacidad 3.1, «Revisión de resultados», también se ha detectado un nivel básico en la mayoría de las respuestas (69/77). Todos se han limitado a comprobar o leer superficialmente el título de las primeras páginas web de la primera página de resultados que da el buscador. En muy pocos casos (3/77) se ha detectado una adquisición intermedia de esta capacidad debido a que afirman evaluar los resultados en función de los que mejor se ajustan a la búsqueda y a la fiabilidad que podría tener su contenido.
- La capacidad 3.2, «Navegación entre distintos resultados de la búsqueda», es la que más diversidad de niveles presenta. La mayoría son de nivel básico (37/77): en esta situación, se limitan a navegar, para revisar el contenido, entre diferentes enlaces web de forma desordenada o siguiendo el orden que propone el buscador. Esta forma de resolver la tarea ha sido comparada con ojear las páginas de un libro superficialmente para buscar respuestas concretas y literales (Dimopoulos y Asimakopoulos, 2010). Es la capacidad en que más aparece el nivel intermedio (11/77), y la que más participantes no han realizado (29/77), seleccionando directamente de la lista de resultados.
- La capacidad 3.3, «Selección de los resultados de la búsqueda», se encuentra adquirida en forma básica mayoritariamente (63/77). La elección se realiza entre los 4-5 primeros enlaces de la primera página de resultados que proporciona el buscador. Además, es la segunda capacidad con mayor número de estudiantes en el nivel de adquisición intermedio (9/77); en estos casos, la selección se ha basado en una consulta del contenido en función de su correspondencia con la información necesitada y con otros elementos (fiabilidad, autoridad…).
- Por último, en la capacidad 4, «Estrategias personales de información», las respuestas muestran una adquisición básica (74/77). No evalúan el éxito o fracaso del proceso para mejorar su estrategia y, como se ha dicho anteriormente, llevan a cabo unas acciones automatizadas y carentes de reflexión. En pocos casos (3/77) se han recogido capacidades intermedias, esto es, han realizado acciones para mejorar el proceso, tras hacer una reflexión en torno a lo que habían realizado.

Resultados vaciado B

Resultados Parte I: Proceso de navegación, búsqueda y selección

La aplicación del vaciado B, o de categorización abierta, nos permitió identificar las acciones realizadas en la búsqueda y el orden en el que se han llevado a cabo. De este modo hemos podido identificar cuatro secuencias de búsqueda diferentes. Estas concuerdan con otras aportaciones previas (Fuentes y Monereo, 2008). Se describen a continuación:

- Secuencia tipo A: Se trata de una secuencia lineal que se basa en las acciones de búsqueda (elección de la herramienta de búsqueda, uso de la herramienta introduciendo términos de búsqueda, consulta del listado de resultados), y en la selección de una o dos páginas web (máximo permitido en las instrucciones) sin realizar un procedimiento previo de consulta de su contenido. Gráficamente se expone en la figura 3.
- Secuencia tipo B: Realiza las siguientes acciones; uso de la herramienta de búsqueda, introducción de términos de búsqueda, revisión del listado de enlaces propuestos por el buscador. A partir de la lista de resultados, se eligen dos páginas web sin realizar una consulta o revisar su contenido. Sin embargo, antes de utilizar la información que contienen, se compara o se comprueba la coincidencia del contenido de ambas. Se muestra en la figura 3.

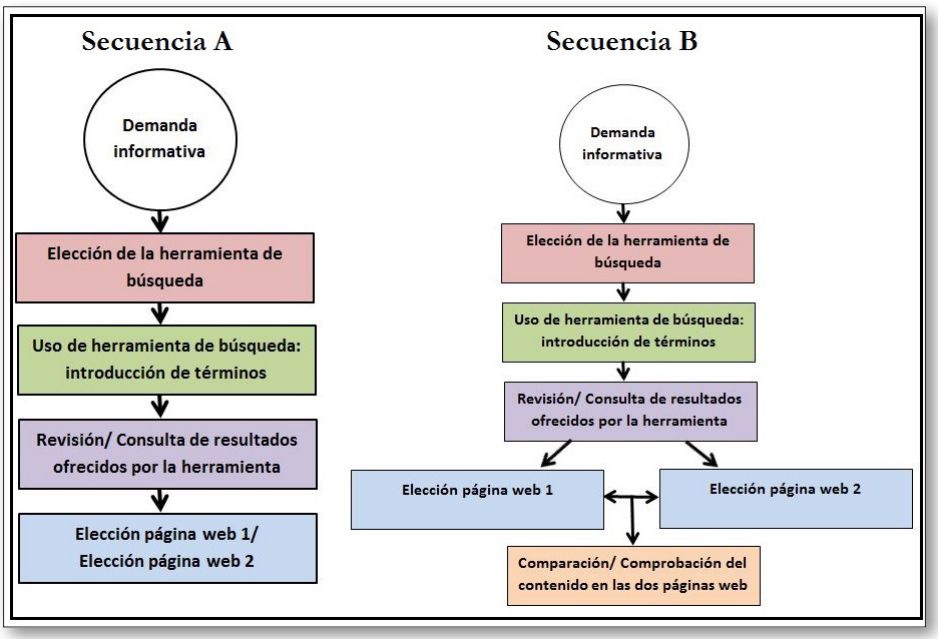


Fig. 3. Esquema gráfico de las secuencias tipo A y tipo B.

- Secuencia tipo C: En esta secuencia se utilizan las mismas acciones iniciales que en la secuencia tipo A. Luego se consultan varias entradas del listado de resultados volviendo a la lista las veces que sea necesario antes de elegir de forma definitiva. Se expone en la figura 4.
- Secuencia tipo D: Secuencia que comienza con las acciones mostradas en la secuencia C. Sin embargo, en esta, dichas acciones pueden ser repetidas cambiando la herramienta de búsqueda o los términos introducidos, cuando los resultados no sean satisfactorios. El objetivo que persiguen es encontrar alguna respuesta o información en la que apoyarse y mejorar el resultado del proceso.

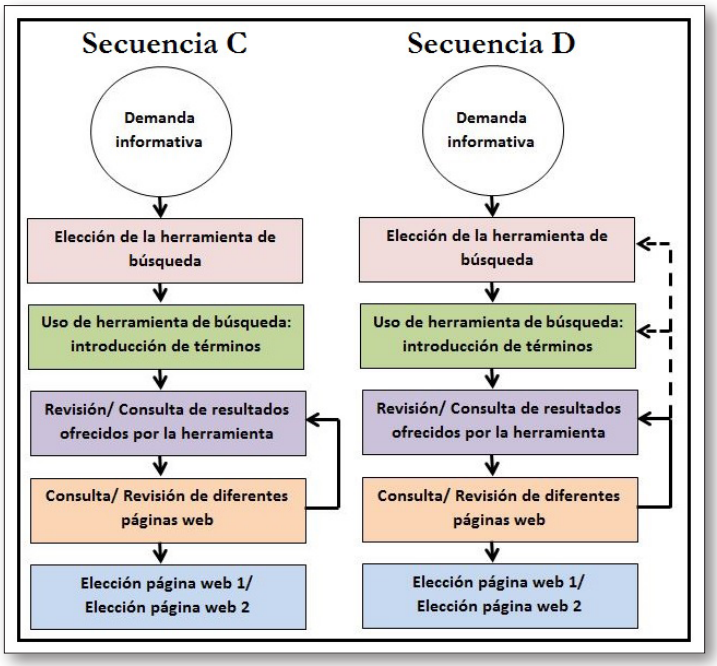


Fig. 4. Esquema gráfico de las secuencias tipo C y tipo D.

La frecuencia de las secuencias identificadas se recoge en la figura 5.

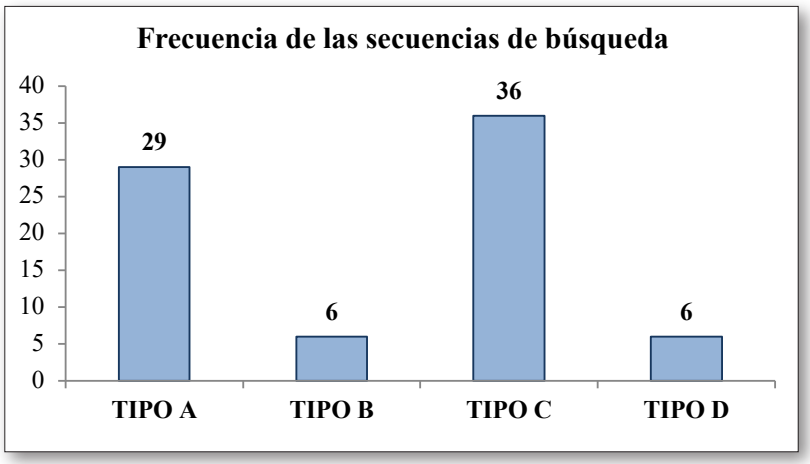


Fig. 5. Frecuencia de las distintas secuencias de búsqueda.

Las secuencias tipo A y C son las más manifestadas (29/77 y 36/77 respectivamente). La secuencia D, que podemos considerar de mayor nivel competencial por la revisión del proceso y el intento de perfeccionamiento, apenas fue registrada (6/77).

Con estas secuencias todos los participantes pudieron seleccionar al menos un sitio web con información sobre la temática que utilizarán para dar respuesta a las cuestiones planteadas en la Parte II. A modo de síntesis en la tabla 4 y en la tabla 5 se muestra, respectivamente, los motores de búsqueda utilizados y los términos que emplearon.

Tabla 4.
Buscadores utilizados

Motor de búsqueda.	*Frecuencia*
Google	75
DuckDuckGo*	1
Bing	1
Puffin Free	1

*Utilizado de forma complementaria a Google por un participante.

Google es el buscador más usado por los participantes, que se encontraba predeterminado en sus dispositivos. Aquellos que utilizaron Bing y Puffin Free también eran predeterminados, y solamente un participante recurrió a un buscador alternativo de forma intencionada (DuckDuckGo).

Tabla 5.
Términos de búsqueda empleados por los participantes

Términos introducidos (Buscador usado)	*Frecuencia*
Lluvia ácida (Google, Puffin Free y Bing)	61
Información acerca/de la lluvia ácida (Google)	5
Lluvia ácida National Geographic (Google y DuckDuckGo)	3
Qué es la lluvia ácida	3
Lluvia ácida Wikipedia (Google)	3
Lluvia ácida significado (Google)	1
Lluvia ácida definición (Google)	1
Lluvia ácida problemas que conlleva (Google)	1
Lluvia ácida por qué se produce (Google)	1
Consecuencias de la lluvia ácida (Google)	1
Lluvia ácida formación (Google)	1
Efectos de la lluvia ácida (Google)	1
Lluvia ácida definición, causas y consecuencias (Google)	1

Se recogió un número mayor de términos que de participantes ya que algunos (6/77) emplearon otros alternativos a los utilizados inicialmente. Observamos que el más usado fue la propia temática «lluvia ácida» (61/77).

En la figura 6, se recoge la frecuencia de elección de las webs seleccionadas.

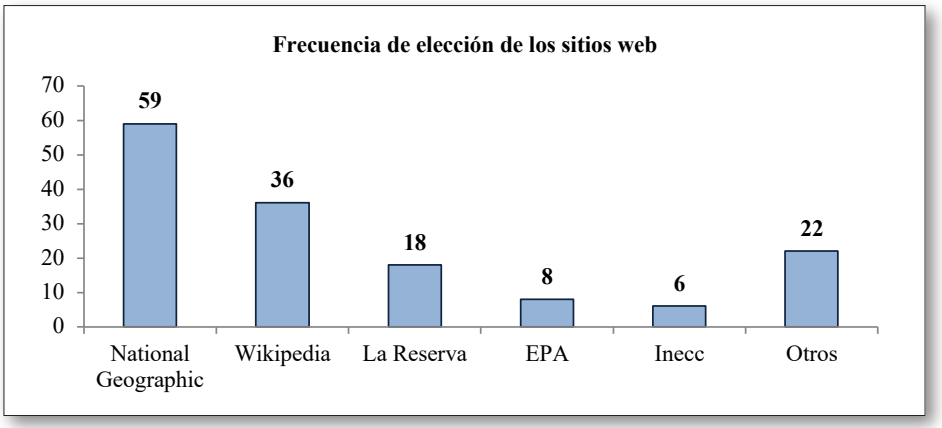


Fig. 6. Frecuencia de elección de cada uno de los sitios web.

Con los buscadores y los términos seleccionaron 21 sitios diferentes. Como se observa en la figura 6, se obtuvieron 149 respuestas ya que 72 de los participantes seleccionaron dos sitios (el máximo que podían según el enunciado), y los 5 restantes solamente uno.

Se obtiene que aproximadamente el 85 % de las elecciones corresponde con los cinco primeros enlaces propuestos por Google al introducir el término «lluvia ácida» durante la recogida de información: Natrional Geographic, Wikipedia, La Reserva, EPA e Inecc (anexo 2). La categoría «Otros» engloba un variado conjunto de sitios web que señalaron con una frecuencia inferior o igual a tres, y que solían ser complemento de los anteriores.

Estos resultados tan similares se deben a la utilización mayoritaria del mismo buscador y términos de búsqueda.

Resultados Parte II: Uso de la información seleccionada para resolver cuestiones

La finalidad era responder a cuatro cuestiones sobre la lluvia ácida, una vez buscados los sitios web necesarios para ello en la Parte I. Los resultados se presentan en la figura 7.

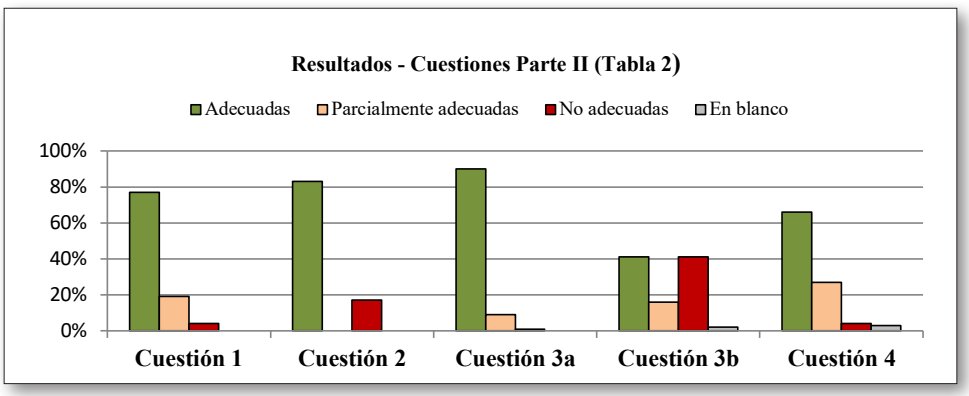


Fig. 7. Resultados de la Parte II.

Como se observa, en la cuestión 1, hay un alto número de participantes que responde de forma adecuada (59/77). Identificaron, en los diferentes sitios web, que la presencia de contaminantes (SO_2, óxidos de nitrógeno principalmente) en la atmósfera puede originar que las precipitaciones contengan sustancias ácidas.

Del mismo modo, en la cuestión 2 un número mayoritario responde adecuadamente (64/77) localizando causas que convierten a la lluvia ácida en un problema ambiental; así citan daños a la flora, a medios acuáticos, a la fauna y a los suelos.

Por su parte la cuestión 4 también fue respondida de forma adecuada por una mayoría (51/77), localizando dos posibles medidas para evitar la formación de lluvia ácida. Como parcialmente adecuadas (21/77) se consideraron aquellas en que solamente se ofrecía una medida.

Los resultados extraídos de estas tres cuestiones pueden considerarse positivos. Los participantes han sido capaces de localizar en los sitios web elegidos por ellos mismos la información adecuada sin apenas mostrar dificultades, probablemente por estar habituados a este tipo de tareas (localizar respuestas en libros de texto, apuntes o en la propia internet).

También encontramos una escasa reelaboración en las respuestas, a pesar de que se les pedía que usarán sus propias palabras. Los participantes utilizaban la información de forma literal y, en caso de reelaborarla, se ha hecho en un grado mínimo. Este uso literal de la información, si es práctica habitual para ellos, no conduce generalmente a un «aprendizaje nuevo» sobre las temáticas en las que se indague (Cañal, 2012).

Por último, respecto la cuestión 3a, hubo un amplio número de respuestas adecuadas (69/77) que identificaron que la formación de sustancias ácidas en la atmósfera que contaminan la lluvia es una reacción química. Sin embargo, como se observa en la Figura 7, la cuestión 3b fue la que más dificultades originó, ya que obtuvo un elevado número de respuestas no adecuadas (32/77). Las dificultades surgieron al tratar de justificar la causa de que ese proceso fuera una reacción química, por el hecho de no aparecer de forma literal dicha información en los sitios web que habían elegido. De hecho, algunos de los participantes que emplearon las secuencias C y D en la Parte I, lo hicieron con el fin de encontrar información para responder esta cuestión. Hubo otros que mostraron dificultad para reconocer reacciones químicas, aunque en algunos de los sitios web aparecían de forma explícita las ecuaciones de formación; sin olvidar que los participantes habían tratado contenidos acerca de reacciones químicas el curso anterior, como así lo dispone el currículo oficial (CARM, 2015).

Resultados Parte III: Valoración de la información seleccionada

Se pedía a los participantes que valoraran la fiabilidad de los sitios web que habían elegido. Los resultados se muestran en la figura 8 y, ante el volumen de información, comentamos aquellos aspectos de mayor relevancia.

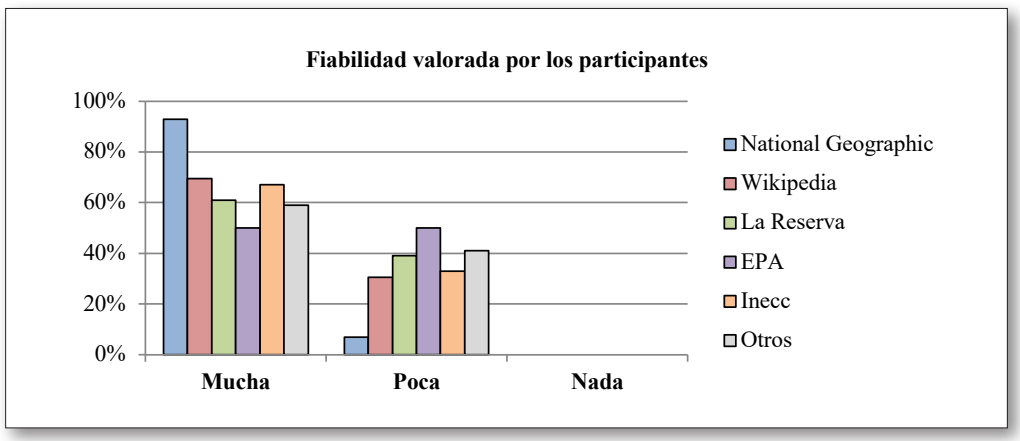


Fig. 8. Respuestas recogidas en la Parte III.

Como se observa en la figura, fueron mayoritarias las valoraciones positivas hacia los contenidos que eligen; ningún participante valoró confiar «nada» en ninguna de las páginas web.

Las causas fueron diferentes en función del sitio web, aunque podemos recoger algunas que se utilizaron con mayor frecuencia. Así, en primer lugar, justificaban sus valoraciones sobre la base de:

– la popularidad, especialmente en los casos de National Geographic y Wikipedia.
– la autoridad del sitio web (casos para National Geographic especialmente).

Aunque era frecuente encontrar confusión entre ambos conceptos, ya que consideraban que una fuente es una autoridad por ser popular. Como indica Fornás (2003), la popularidad y un elevado número de visitas para un sitio web indican su amplia difusión y que, en principio, podría gozar de cierta aceptación, pero no existe ninguna relación que garantice la fiabilidad de su contenido por ello. Esto sugiere que lo que tienden a valorar es que se trate de un sitio web conocido para ellos, lo que les proporciona cierta seguridad para usar la información.

Además, es frecuente encontrar justificaciones escuetas y poco elaboradas que emplean términos superficiales y genéricos como «buena», «detallada», «fiable», etc. sin aportar mayor detalle. Esto indica que algunos estudiantes no disponían de conocimientos para valorar fuentes de internet.

CONCLUSIONES

Respecto a nuestro primer problema de investigación «¿Qué competencias manifiestan un conjunto de estudiantes de ESO cuando buscan y seleccionan información en internet sobre una temática científica?», nuestros participantes muestran un nivel básico de desarrollo de la subcompetencia digital de búsqueda, navegación y filtrado de información en la gran mayoría de los casos. Han resuelto la búsqueda en su totalidad encontrando sitios web que les permitieran dar respuesta a las cuestiones planteadas y han sido capaces de valorar la fiabilidad de dichas páginas web, pero han utilizado para ello estrategias de nivel básico y superficial en muchos aspectos. Consideramos que la búsqueda propuesta en la experiencia era sencilla y accesible, del mismo modo que las cuestiones formuladas, lo que nos lleva a preguntarnos si en búsquedas y demandas de información más complejas podrían tener mayores dificultades dado el estado actual de sus competencias digitales.

También consideramos que una de las principales carencias de nuestros participantes se ubica en las fases iniciales de la búsqueda. No reflexionan de forma previa a su realización, no valoran el empleo de herramientas alternativas (quizá no las conozcan), ni de opciones avanzadas, y tampoco se planifican los términos introducidos. Han manifestado unos procesos casi «automatizados» en todas sus fases que presumiblemente tienen muy internalizados dado el amplio uso que hacen de los recursos digitales buscando respuestas concretas para usarlas de forma literal.

Ante este nivel básico, podemos señalar que existe un área de mejora a la que contribuir desde la enseñanza de las ciencias, pues las competencias digitales manifestadas por los participantes no son acordes a los procedimientos y actitudes propias del trabajo científico y que deben ser desarrollados desde las aulas de ciencias. Como exponen Blanco, España y Franco (2017), ser capaz de gestionar la información de diversas fuentes y su tratamiento son aspectos de relevancia de la competencia científica y es necesario dotar a los estudiantes de procedimientos y estrategias para ello, que le permitan dar respuesta a cuestiones relacionadas con la ciencia y sus implicaciones.

Entre nuestros resultados también podemos destacar la identificación de cuatro secuencias de búsqueda empleadas por nuestros participantes con diferentes niveles de complejidad con el fin de afinar la búsqueda. En este sentido recordemos que:

– La más sencilla (secuencia A) es un proceso lineal donde no se realiza ningún tipo de iteración o comparación para mejorar o afinar la búsqueda.
– En la secuencia B no se realiza iteración para mejorar los resultados de la búsqueda, pero sí comparan entre el contenido de páginas web para confirmar su coincidencia.
– La secuencia C presenta un proceso de iteración entre consulta y revisión de varios resultados para afinar la búsqueda y optimizar las respuestas que ofrecen.
– Por último, la de mayor complejidad (secuencia D), realizan un proceso de iteración entre consulta de resultados y una o varias de las acciones anteriores (cambiar el buscador, cambiar los términos de búsqueda, etc.).

Como se observa, las secuencias C y D (especialmente la D, aunque apenas ha sido realizada por 6 estudiantes) implican un grado de desarrollo competencial superior, en especial en aquellas fases de revisión y selección de resultados, así como en las estrategias personales de información. Estos resultados suponen un punto de partida de interés para la elaboración de propuestas de enseñanza y actividades que tengan el objetivo de promocionar el tránsito a las secuencias de búsqueda de mayor nivel, lo que además podría suponer un elemento motivador para el alumnado.

En relación al segundo problema de investigación «¿Qué competencias manifiestan para utilizar la información sobre una temática científica a la que acceden y seleccionan?» un elevado número de nuestros participantes ha logrado responder de forma adecuada a las cuestiones propuestas a través de la búsqueda en red ya que, como se expone en aportaciones previas (Dimopoulos y Asimakopoulos, 2010; OECD, 2015) pueden estar habituados a este tipo de tareas. Sin embargo, hemos detectado algunos aspectos que podrían ser mejorados como el uso literal de la información cuando se les pedía que la reescribieran o las dificultades mostradas cuando no eran capaces de encontrar una respuesta concreta y exacta.

En cuanto a la valoración de la fiabilidad de los sitios web que ellos mismos habían elegido, han presentado dificultades sobre todo para justificar sus respuestas. Aunque hay casos concretos que muestran mayor nivel, se puede considerar este aspecto como mejorable: usan términos escuetos y superficiales («fiable», «buena», «detallada»…), se apoyan con frecuencia en la popularidad del sitio web y suelen confundir dicha popularidad con que se trate de una fuente especializada o «de autoridad».

Por ello, reconocemos esta cuestión como otra de las áreas de mejora en el aprendizaje científico de nuestros estudiantes puesto que, como expone Cañal (2012), valorar la información de una fuente se encuentra íntimamente relacionado con la actividad científica porque implica indagar en su procedencia y en los procedimientos para generarla, lo que requiere una comprensión acerca de cómo la ciencia elabora su conocimiento y nos permite diferenciar la ciencia de otras aproximaciones o interpretaciones que no lo son.

De este modo, hemos explorado algunas de las competencias digitales del área de información, que se relacionan con la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y hemos detectado aquellas que requieren mayor interés tanto en la investigación educativa como en la práctica docente por su posibilidad de mejora. Cómo adquirir competencias digitales y aprender procedimientos científicos es una cuestión compleja, pero un primer paso se expone en los trabajos de Álvarez-Herrero (2010) y Franco-Mariscal (2015). Para ello, se debe cambiar el enfoque en el uso de la tecnología en el contexto escolar y ser utilizadas en un entorno de aprendizaje por indagación que facilite el desarrollo de actitudes reflexivas y críticas hacia la información.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adell, J. (2013). «Enseñanza XXI» ¿más de lo mismo? (documento no publicado). Obtenido de: http://elbonia.cent.uji.es/jordi/2013/09/29/ensenanza-xxi-mas-de-lo-mismo/

Álvarez-Herrero, J. F. (2010). Infoxicación y procesos de enseñanza-aprendizaje en Física y Química de 3º de ESO. En A. Abril y A. Quesada (Eds.), *Actas de los XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 785-793). Baeza: Universidad de Jaén.

Area, M., Borrás, J. F. y San Nicolás, B. (2015). Educar a la generación de los Millennials como ciudadanos cultos del ciberespacion. Apuntes para la alfabetización digital. *Revista de Estudios de Juventud*, 109, 13-32.

Argelagós, E. y Pifarré, M. (2012). Improving Information Problem Solving skills in Secondary Education through embedded instruction. *Computers in Human Behavior*, 28, 515-526. https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.10.024

Blanco, A., España, E., González, F. J. y Franco, A. J. (2015). Key Aspects of the Scientific Competence for Citizenship: A Delphi Study of the Expert Community in Spain. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2), 164-198. https://doi.org/10.1002/tea.21188

Blanco, A., España, E. y Franco, A. J. (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 107-115. https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2004

Brossard, D. y Scheufele, D. (2013). Science, New Media and the Public. *Science*, 339, 40-41. http://doi.org/10.1126/science.1232329

Cañal, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Investigación en la Escuela*, 78, 5-16.

Carm (2014). Resolución de 28 de marzo de 2014, de la Dirección General de Recursos Humanos y Calidad Educativa, para la adscripción de Centros Educativos al Proyecto «Enseñanza XXI» durante el curso 2014-2015. Boletín Oficial de la Región de Murcia. Obtenido de: https://www.borm.es/services/anuncio/ano/2014/numero/4635/pdf

Carm (2015). Decreto número 220/2015, de 2 de septiembre, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Boletín número 203, de 3 de septiembre de 2015.

Colwell, J., Hunt, S. y Reinking, D. (2013). Obstacles to Developing Digital Literacy on the Internet in Middle School Science Instruction. *Journal of Literacy Research*, 45(3), 295-324. https://doi.org/10.1177/1086296X13493273

De Pablos, J., Colás, P., Conde, J. y Reyes, S. (2017). La competencia digital de los estudiantes de educación no universitaria: variables predictivas. *Bordón*, 69(1), 169-185. https://doi.org/10.13042/Bordon.2016.48594

Dimopoulos, K. y Asimakopoulos, A. (2010). Science on the Web: Secondary School Student´s Navigation Patterns and Preferred Page's Characteristics. *Journal of Science Education and Technology*, 19(3), 246-265. https://doi.org/10.1007/s10956-009-9197-8

European Parliament and the Council (2006). Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L394/10. Obtenido de http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=EN

Fernández-Miravete, A. D. (2018). La competencia digital del alumnado de educación secundaria en el marco de un proyecto educativo TIC (1:1). *EDUTEC, Revista electrónica de Tecnología Educativa*, 63.
http://dx.doi.org/10.21556/edutec.2017.63.1027

Ferrari, A. (2013). DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe. En Y. Punie y B. N. Brecko (Eds.), *JRC scientific and policy reports*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union.
http://dx.doi.org/10.2788/52966.

Fornás, R. (2003). Criterios para evaluar la calidad y la fiabilidad de los contenidos en Internet. *Revista Española de Documentación Científica*, 26(1), 75-80.

Franco, A. J., España, E. y Blanco, A. (2014). Uso de Internet para analizar las relaciones entre drogas y salud bucodental. Una experiencia en 4º de ESO. En E. Soriano, A. J. González y V. C. Cala (Eds.). *Retos actuales de educación y salud transcultural [1]*. Almería: Universidad de Almería, cap. 54.

Franco-Mariscal, A. J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre la corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 231-252.
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1645

Fuentes, M. y Monereo, C. (2008). Cómo buscan información en Internet los adolescentes. *Investigación en la Escuela*, 64, 45-58.

Gómez, M. A, Cañas, A. J., Gutiérrez, M. S. y Martín-Díaz, M. J. (2014). Ordenadores en el aula: ¿estamos preparados los profesores? *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 239-250.
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.939

Hernández, M. J. y Fuentes, M. (2011). Aprender a informarse en la red: ¿Son los estudiantes eficientes buscando y seleccionando información? *Education in the Knowledege Society*, 12(1), 47-78.

Julien, H. y Barker, S. (2009). How high-school students find and evaluate scientific information: A basis for information literacy skills development. *Library & Information Science Research*, 31, 12-17.
https://doi.org/10.1016/j.lisr.2008.10.008

Lin, C. C. y Tsai, C. C. (2007). A Navigation Flow Map Method of Representing Students' searching Behaviors and Strategies on the Web, with Relation to Searching Outcomes. *CyberPsychology & Behavior*, 10(5), 689-695.
http://doi.org/10.1089/cpb.2007.9969

Moreno, G., España, E. y Blanco, A. (2016). Propuesta didáctica sobre la compra de un coche para trabajar competencias clave en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 604-616. https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2993

OECD (2015). Students, Computers and Learning: Making the Connection. Country note Spain. Obtenido de http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-students-computers-spain.pdf

Pedrinaci, E. (2012). El ejercicio de una ciudadanía responsable exige disponer de cierta competencia científica. En E. Pedrinaci (Coord.), *Once ideas clave: El desarrollo de la competencia científica* (pp. 15-35). Barcelona: Graó.

Pereira, S., Fillol, J. y Moura, P. (2019). El aprendizaje de los jóvenes con medios digitales fuera de la escuela: De lo informal a lo formal. *Comunicar*, 58, 41-50.
https://doi.org/10.3916/C58-2019-04

Revuelta, G. y Corchero, C. (2017). Perfiles generacionales en el consumo de información científica. En FECYT (Ed.), *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2016* (pp. 179-206). Madrid: MIC.

Rodríguez, F., Blanco, A. y Rueda, J. A. (2011). Competencia científica y competencia digital en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embotellada. En J. Ruiz y J. Sánchez (Coords.), *II Congreso Internacional sobre Uso y Buenas Prácticas con TIC*. Málaga: Universidad de Málaga.

Sancho, J. M. y Padilla, P. (2016). Promoting digital competence in secondary education: are the schools there? Insights from a case study. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 5(1), 57-63.
https://doi.org/10.7821/naer.2016.1.157

Valverde-Crespo, D., Pro-Bueno, A. y González-Sánchez, J. (2018). La competencia informacional-digital en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en la educación secundaria obligatoria actual: una revisión teórica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2105.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2105

Valverde-Crespo, D., Pro, A. y González-Sánchez, J. (2019a). ¿Cómo buscan, seleccionan y utilizan información sobre ciencia en Internet los estudiantes de ESO? Un estudio de sus percepciones y de sus competencias manifestadas. En A. Gómez-Mármol y C. Pro-Chereguini (Eds.), *Investigación e innovación educativa en el siglo XXI* (pp. 107-122). Sevilla: Wanceulen Editorial.

Valverde-Crespo, D., Pro-Bueno, A. y González-Sánchez, J. (2019b). ¿Qué percepciones tienen los profesores de Física y Química en ejercicio en torno al uso de las TIC en sus aulas? En A. Gómez-Mármol y C. Pro-Chereguini (Eds.), *Investigación e innovación educativa en el siglo XXI* (pp. 123-136). Sevilla: Wanceulen Editorial.

Valverde-Crespo, D., Pro-Bueno, A. y González-Sánchez, J. (2020). La información científica en Internet vista por estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria: Un estudio exploratorio de sus competencias digitales. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(1), 1101.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i1.1101

Zhong, Z. (2011). From Access to usage: The divide of self-reported digital skills among adolescents. *Computers & Education*, 56, 736-746.
http://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.016

Anexo 1.
Modelo de niveles de desarrollo para la subcompetencia digital del área de información: «Navegación, búsqueda y filtrado»

Nivel	*Capacidades*
1. Organización de la búsqueda a partir de la demanda informativa: Engloba los procedimientos realizados de forma previa al inicio de la búsqueda.	
Básico	Únicamente se identifica la demanda informativa. No se cuestiona el tipo de información necesaria, ni su finalidad y alcance.
Intermedio	Organiza o adapta la búsqueda en función del tipo, finalidad y alcance de la información requerida en la demanda informativa.
Avanzado	Planifica una estrategia de búsqueda en función del tipo, finalidad y alcance de la información requerida, teniendo en cuenta sus limitaciones en los conocimientos de la temática de la información y planificando alternativas para solventar dichas limitaciones.
2. Acceso y búsqueda de información: Implica la elección y uso de una herramienta de búsqueda.	
	2.1 Elección de la herramienta de búsqueda
Básico	Recurre a un buscador genérico conocido y no se cuestiona o no conoce el uso de herramientas alternativas o recursos pertinentes para la demanda informativa.
Intermedio	Elige la herramienta de búsqueda a partir de herramientas o recursos conocidos de antemano y que sean pertinentes para la demanda y alcance de la información requerida.
Avanzado	Planifica qué recursos conocidos son más eficaces y específicos para la información que necesita localizar en función de sus conocimientos previos sobre la temática buscada. Elige herramientas de búsqueda específicas y de mayor pertinencia para el alcance de la información, reconociendo sus limitaciones tecnológicas y planificando alternativas a dichas limitaciones adaptándose a nuevas herramientas.
	2.2 Uso de la herramienta de búsqueda para acceder a la información
Básico	Realiza un acceso mediante palabras clave básicas, generalmente el propio tema de búsqueda.
Intermedio	Realiza un acceso mediante palabras clave teniendo en cuenta o planificando las que podrán dar mejores resultados para la demanda informativa que se requiere.
Avanzado	Realiza un acceso mediante palabras clave planificadas previamente y seleccionadas en función del alcance, la relevancia, la temática de la información que se desea encontrar y de la pregunta que debe hacer a la herramienta de búsqueda en función de cómo ésta responde. Puede utilizar opciones avanzadas de la herramienta de búsqueda.
3. Navegación y selección de resultados: Implica la revisión de los resultados ofrecidos por la herramienta de búsqueda, la navegación entre ellos y la selección de unos resultados concretos.	
	3.1 Revisión de resultados
Básico	Utiliza los enlaces de la primera página de resultados propuestos por el motor o la herramienta de búsqueda, generalmente basada en la lectura del título de la web y, en ocasiones, del pequeño texto que lo acompaña. No revisa las características de la búsqueda (número de resultados, actualidad, pertinencia…).

Nivel	*Capacidades*
Intermedio	Opcionalmente revisa resultados de la lista de diferentes páginas de la herramienta de búsqueda comprobando de forma general el ajuste de los resultados a la demanda informativa y, en caso de necesitarlo, utiliza diferentes palabras clave o herramientas a los utilizados inicialmente para adaptar la búsqueda a sus necesidades.
Avanzado	Realiza un análisis de los resultados ofrecidos por la herramienta o herramientas de búsqueda empleada (número de resultados propuestos, pertinencia de estos con la necesidad informativa, actualidad…) y sabe utilizar opciones de búsqueda avanzadas para filtrar los resultados en relación con la información requerida.
	3.2 Navegación entre distintos resultados de la búsqueda
Básico	Navega entre diferentes páginas web de forma aleatoria usando varias pestañas para abrir distintos resultados o navegando de atrás hacia adelante entre ellos.
Intermedio	Navega de forma ordenada entre los distintos resultados en función de aquellos que se ajusten en mayor medida a la temática y a la pertinencia de la información requerida.
Avanzado	Navega de forma planificada entre los resultados obtenidos atendiendo a la relevancia, pertinencia y fiabilidad de estos, y es capaz de navegar y explorar de forma lineal entre las referencias de una fuente a otra.
	3.3 Selección de resultados de la búsqueda
Básico	Selección basada en los resultados ofrecidos por la herramienta de búsqueda. Selecciona en base al orden de los resultados propuestos por la herramienta de búsqueda en la primera página de resultados.
Intermedio	Selección basada en la exploración de la información para comprobar si existe correspondencia entre la necesidad informativa y la información encontrada.
Avanzado	Cuestiona la fiabilidad de los resultados obtenidos para su selección, revisando las fuentes de procedencia de la información que se revisa y contrastando su contenido con diferentes recursos. Muestra capacidad de revisar y reiniciar el proceso de búsqueda empleado si la información no es satisfactoria.
4. Estrategias personales de información: Revisa el proceso de búsqueda de forma global y contempla la revisión y el reinicio de la búsqueda en cualquiera de las etapas, o bien el empleo de diferentes estrategias a la inicial.	
Básico	Utiliza una única estrategia de búsqueda sin evaluar o revisar el proceso empleado en función del éxito obtenido en la búsqueda, y no se plantea el uso de procesos alternativos.
Intermedio	Es capaz de revisar y evaluar el proceso de búsqueda en función de la necesidad informativa y del éxito obtenido para esta, y de emplear otra estrategia en cualquiera de las etapas de la búsqueda para mejorar su resultado.
Avanzado	Es capaz de planificar y utilizar una amplia gama de estrategias al realizar una búsqueda en la red, evaluando cada una de las etapas empleadas. Es capaz de ajustar la búsqueda a diferentes herramientas. Valora de forma global el proceso, atendiendo a los errores cometidos como elemento de mejora en futuras búsquedas.

Anexo 2.
Dirección de las páginas web seleccionadas por los participantes con mayor frecuencia

National Geographic: www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/lluvia-acida
Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Lluvia_%C3%A1cida
La Reserva: www.lareserva.com/home/lluvia_acida
EPA: https://www3.epa.gov/acidrain/education/site_students_spanish/index.html
Inecc: www.gob.mx/INECC

Secondary students' digital competence when searching and selecting scientific information

Daniel Valverde-Crespo
IES Los Cantos. Bullas, Región de Murcia, España.
daniel.valverde@um.es

Antonio de Pro-Bueno
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación.
Universidad de Murcia. Murcia, España.
nono@um.es

Joaquín González-Sánchez
Departamento de Química Física. Facultad de Química.
Universidad de Murcia. Murcia, España
josquin@um.es

Nowadays, the Internet has become the first source of information on science and technology. This fact makes it necessary for every citizen to have the suitable skills and competences to be able to search, select and assess the information that they get access to on the Internet, being impossible to ignore the risks that also exist on the net, such as reliability problems, publicity, errors and omissions, etc. For this reason, it is necessary that high school science teaching develops digital competences in our students.

In this study, we intend to describe and analyze the digital competencies that a group of secondary school students show in an experience of searching for information on the Internet about a scientific specific topic, in this case, acid rain and its environmental implications. To do this, we have proposed two research questions:

– Research question 1: What competencies do a group of secondary education students show when they search and select information on the Internet about a scientific topic?
– Research question 2: What competencies do a group of secondary education students show when they use the information about a scientific topic that they have searched and selected?

A total of 77 Physics and Chemistry students of the third year of compulsory secondary education (ESO), whose ages were 14 and 15 years old, from three public high schools in the city of Murcia (Spain) participated in the study.

For the data collecting, an activity was proposed that consisted in solving some questions about acid rain through an Internet search. After the search and resolution of these questions, the websites that they had chosen should be evaluated in terms of reliability. The participants carried out this experience while answered a questionnaire consisting of three different but interrelated parts:

– Part I: Navigation, search and selection process.
– Part II: Use of selected information to resolve questions.
– Part III: Assessment of the selected information.

The experience was done at class (55 minutes). Its realization was individual, free and autonomous. Each student had a laptop or tablet to carry out the experience.

Two analysis techniques were used for the data obtained:

– Method A or closed categorization: Applied only to Part I. This technique allows us to classify the digital competence of each student into three levels of proficiency (basic, intermediate and advanced).
– Method B or open categorization: Applied to the entire questionnaire. It allows the description and interpretation of the students' digital competences during the searching process shown by each student.

The results obtained through method A have allowed us to classify the majority of the digital competences shown by students in the basic level (87 %). The analysis through method B has proved that students have used four different sequences of searching for information on the Internet with different levels of proficiency of the digital competence. The highest level sequence of searching information has been the least collected in the data. It was also found that, despite the difficulties shown in the searching process, a large number of students mana-

ged to answer the questions that were proposed about acid rain. However, we have detected some aspects that can be improved, such as copying the information without any rewriting or self-reflection. On the other hand, when assessing the web pages that the students had chosen to solve the questions, they showed difficulties: they used superficial, concise and poorly argued answers for the assessment.

Finally, we discuss some of the factors that are behind the basic proficiency level shown (the influence of the extracurricular use of ICT, the low educational influence on its development, the difficulties associated with teachers...) by our students, and we conclude that they are not prepared to access, search, select and use, in an adequate proficiency level, the enormous amount of relevant scientific information in their daily context that they can get access to.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 38-3 (2020), 105-124
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2947
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Uso de una trayectoria hipotética de aprendizaje para proponer actividades de instrucción

Using a hypothetical learning trajectory to propose instructional activities

Pedro Ivars, Ceneida Fernández, Salvador Llinares
Departamento de Innovación y Formación Didáctica. Universidad de Alicante, España
pere.ivars@ua.es; ceneida.fernandez@ua.es; sllinares@ua.es

RESUMEN • Decidir cómo continuar la enseñanza se ha identificado como la destreza más difícil de entre las tres que configuran la competencia de mirar profesionalmente el pensamiento matemático del estudiante. En este estudio 95 estudiantes para maestro de Educación Primaria resolvieron una tarea en la que debían proponer un objetivo de aprendizaje y actividades para apoyar el desarrollo de la comprensión del significado de fracción como parte-todo usando como referencia una trayectoria hipotética de aprendizaje. Los resultados sugieren que la trayectoria hipotética de aprendizaje ayudó a los estudiantes para maestro a proponer actividades centradas en la comprensión de los estudiantes usando los elementos matemáticos que articulan la trayectoria hipotética de aprendizaje.

PALABRAS CLAVE: Mirar profesionalmente; Fracciones; Trayectoria hipotética de aprendizaje; Formación de maestros; Actividades instruccionales.

ABSTRACT • Deciding how to respond to a teaching-learning situation has been identified as the most difficult of the three skills that make up the competence of noticing student's mathematical understanding. In this study 95 pre-service primary school teachers solved a task in which they had to propose a learning objective and activities to support the development of the understanding the meaning of fraction as part-whole using as a reference a hypothetical learning trajectory. Results suggest that the hypothetical learning trajectory helped pre-service teachers propose activities focused on students' understanding of how to use the mathematical elements that articulate the hypothetical learning trajectory.

KEYWORDS: Noticing; Fractions; Hypothetical learning trajectory; Primary teacher education; Instructional activities.

Recepción: abril 2019 • Aceptación: abril 2020 • Publicación: noviembre 2020

Ivars, P., Fernández, C. y Llinares, S. (2020). Uso de una trayectoria hipotética de aprendizaje para proponer actividades de instrucción. *Enseñanza de las Ciencias, 38*(3), 105-124
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2947

INTRODUCCIÓN

Las recientes reformas educativas abogan por una instrucción basada en la comprensión de los estudiantes (NCTM, 2014). En el ámbito de la educación matemática *mirar profesionalmente el pensamiento matemático de los estudiantes* (Jacobs, Lamb y Philipp, 2010) se ha identificado como una competencia cuya adquisición resulta esencial para los maestros. Esta competencia les permite identificar las estrategias utilizadas por los estudiantes, interpretar su comprensión matemática y decidir cómo continuar con la instrucción considerando la comprensión previamente interpretada. La importancia de esta competencia ha generado una emergente agenda internacional de investigación que ha tratado de conceptualizarla e identificar diferentes contextos para su desarrollo (Fernández, Sánchez-Matamoros, Valls y Callejo, 2018; Schack, Fisher y Wilhelm; 2017; Sherin, Jacobs y Philipp, 2011; Stahnke, Schueler y Roesken-Winter, 2016).

En este estudio adoptamos la perspectiva de Jacobs et al. (2010), que conceptualizan la competencia de mirar profesionalmente el pensamiento matemático de los estudiantes a través de tres destrezas interrelacionadas:

- Identificar las estrategias utilizadas por los estudiantes: esta destreza implica discernir detalles matemáticos relevantes en las respuestas de los estudiantes, es decir, los elementos matemáticos utilizados.
- Interpretar la comprensión de los estudiantes: esta destreza implica establecer relaciones entre los detalles relevantes identificados en la respuesta de los estudiantes y características más generales de la comprensión.
- Decidir cómo continuar la enseñanza: esta destreza implica tomar decisiones de enseñanza en base a dicha interpretación.

Los resultados obtenidos por investigaciones previas han mostrado que la competencia de mirar profesionalmente el pensamiento matemático de los estudiantes puede desarrollarse en los programas de formación inicial de maestros (Fortuny y Rodríguez, 2012; Ivars, Fernández, Llinares y Choy, 2018; van Es, 2011). Sin embargo, este desarrollo es complicado sin la ayuda de una referencia que ayude a los estudiantes para maestro a estructurar su mirada (Levin, Hammer y Coffey, 2009). De entre las tres destrezas vinculadas a esta competencia docente, decidir cómo continuar la enseñanza es la más difícil de desarrollar por los maestros y estudiantes para maestro (Stahnke et al., 2016). Así, algunas veces los estudiantes para maestro o los maestros suelen centrarse en desarrollar procedimientos o reglas rutinarias en lugar de centrarse en la comprensión de conceptos (Son y Crespo, 2009; Son y Sinclair, 2010), redirigir al alumnado hacia una estrategia particular (la que el docente ha explicado; Chao, Murray y Star, 2016) o mostrar al alumnado «como hacerlo bien» (Stahnke et al., 2016). En relación con esta situación, Mason (2016, p. 225) defiende la necesidad de realizar intervenciones formativas que permitan a los maestros enriquecer «su repertorio de acciones pedagógicas y el discurso que utilizan para justificar esas acciones».

Como respuesta a esta indicación, las trayectorias hipotéticas de aprendizaje se han identificado como una herramienta que puede servir a los estudiantes para maestro como referencia con la que estructurar su atención hacia el pensamiento matemático de los estudiantes. Las trayectorias de aprendizaje proporcionan a los estudiantes para maestro un lenguaje para describir el pensamiento matemático de los estudiantes (Edgington, Wilson, Sztajn y Webb, 2016) y les permiten identificar los objetivos de aprendizaje, anticipar e interpretar su pensamiento matemático y dar respuesta con instrucción apropiada (Sztajn, Confrey, Wilson y Edgington, 2012). En particular, en Ivars, Fernández y Llinares (2020) mostramos que el uso de una trayectoria de aprendizaje del significado de fracción como parte-todo puede dotar a los estudiantes para maestro de un lenguaje específico sobre las fracciones con el que describir las estrategias usadas por el alumnado e interpretar su comprensión del

concepto de fracción como parte-todo. En el presente estudio, ampliamos estos resultados analizando cómo una trayectoria hipotética de aprendizaje del significado de fracción como parte-todo ayuda a los estudiantes para maestro a proponer actividades de enseñanza y qué tipo de actividades propusieron considerando la compresión de los estudiantes.

MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

Antecedentes sobre la destreza de decidir cómo continuar la enseñanza

Tal y como se ha comentado en la introducción, las investigaciones han mostrado que, de las destrezas de la competencia de mirar profesionalmente el pensamiento matemático de los estudiantes (Jacobs et al., 2010), la de decidir cómo continuar la enseñanza es la más difícil de desarrollar para los maestros y estudiantes para maestro (Stahnke et al., 2016). Así, Krupa, Huey, Lesseig, Casey y Monson (2017, p. 64) indican que es «la más exigente de las tres, y que no necesariamente aumenta con más experiencia, sino que requiere más trabajo focalizado y experiencias de desarrollo profesional». Esto sucede porque los maestros pueden aprender a identificar detalles en las estrategias usadas por los niños/as que les permiten interpretar su comprensión, pero en ocasiones no son capaces de utilizar esta información para apoyar sus decisiones de enseñanza (Barnhart y van Es, 2015). Es decir, los maestros o estudiantes para maestro pueden ser muy específicos en cuanto a los detalles de lo que observan sin usar esta información para decidir cómo continuar la enseñanza (Choy, 2013).

En el estudio de Jacobs et al. (2010), solo cinco de los 36 estudiantes para maestro de educación primaria que participaron (14 %) propuso una actividad basada en la comprensión del alumnado. Jacobs y sus colegas no consideran que haya una única manera de decidir cómo responder, sino que lo importante es que la decisión tomada considere la comprensión del alumnado. Es decir, que esta decisión sea consistente con la información sobre el desarrollo del pensamiento matemático de los y las estudiantes. La dificultad para decidir cómo continuar con la enseñanza, teniendo en cuenta el pensamiento matemático de los niños/as, ha sido también mostrada por Timinsky, Land, Drake, Zambak y Simpson (2014) y Gupta, Soto, Dick, Broderick y Appelgate (2018). Gupta et al. (2018) identificaron cuatro categorías de decisiones de enseñanza que no estaban centradas en el pensamiento matemático del alumnado: *i*) decisiones apoyadas en ideas de enseñanza tradicionales (e. g. mayor velocidad de cálculo mental), *ii*) sugerencias vagas sobre los pasos que hay que seguir en la instrucción, *iii*) sugerencias centradas en la realización de cálculos aritméticos de manera simbólica, y *iv*) centrarse en la planificación de la lección sin considerar las estrategias utilizadas por el alumnado.

Las investigaciones también muestran la dificultad de los maestros en ejercicio para decidir cómo continuar la enseñanza. Por ejemplo, Wager (2014) analizó cómo los maestros interpretaban y proponían decisiones para apoyar la participación del alumnado en sus aulas mostrando que la mayoría de las propuestas no eran específicas para lecciones en particular o no estaban centradas en los niños/as, sino en comentarios generales sobre cómo agrupar a los niños/as de una manera particular o usar manipulativos. En la misma dirección Chao et al. (2016) muestran en su estudio que los maestros, más que centrarse en la comprensión del alumnado, trataban de redirigirlos para que utilizaran la misma estrategia que ellos usaban.

Estas investigaciones sugieren que los maestros o los estudiantes para maestro tienen dificultad en proponer decisiones de enseñanza centradas en el pensamiento matemático del alumnado. Schoenfeld (2011) consideró que las decisiones de enseñanza que un maestro toma están vinculadas a los recursos, orientaciones y objetivos que tiene a su disposición y sugirió que las dificultades que los maestros afrontan a la hora de tomar decisiones pueden estar provocadas porque estos objetivos, recursos y orientaciones sean contradictorios o por la falta de estos.

Trayectorias hipotéticas de aprendizaje

Una trayectoria hipotética de aprendizaje es un constructo que consta de *i*) un camino hipotético de aprendizaje del alumnado (niveles de comprensión) y *ii*) ejemplos de actividades instruccionales para apoyar la progresión en la comprensión (Daro, Mosher y Corcoran, 2011).

En formación de maestros, se ha generado la cuestión de cómo los resultados de las investigaciones sobre el aprendizaje de los conceptos matemáticos pueden ser transformados, en «herramientas utilizables» por los futuros maestros dentro de la referencia de una trayectoria hipotética de aprendizaje (Daro et al., 2011; Edgington et al., 2016). En la última década se han desarrollado diversos proyectos de desarrollo profesional en los que se presentan a los maestros adaptaciones de trayectorias de aprendizaje desarrolladas en investigaciones junto a tareas de aprendizaje construidas alrededor de estas (Sztajn y Wilson, 2019). Estudios previos muestran que la información sobre las trayectorias de aprendizaje del alumnado parece ser útil cuando los maestros tienen que interpretar la comprensión de su alumnado y decidir cómo continuar con la instrucción mejorando su propio discurso profesional (Ivars et al., 2020; Sztajn, Edgington, Wilson, Webb y Myers, 2019).

En este contexto, nuestra hipótesis es que proporcionar a los estudiantes para maestro una trayectoria hipotética de aprendizaje del alumnado de educación primaria, sobre el significado de fracción como parte-todo, les ayudará a tomar decisiones de enseñanza centradas en la comprensión de dicho alumnado.

Nuestro objetivo se ha particularizado en las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Puede una trayectoria hipotética de aprendizaje sobre el significado de fracción como parte-todo ayudar a los estudiantes para maestro a tomar decisiones de enseñanza centradas en la comprensión del estudiante?
- ¿Qué tipo de decisiones de enseñanza proporcionan los estudiantes para maestro cuando utilizan una trayectoria hipotética de aprendizaje sobre el significado de fracción como parte-todo al interpretar el pensamiento matemático del alumnado de educación primaria?

MÉTODO

Participantes y contexto

En este estudio participaron 95 estudiantes para maestro (EPM) del 3.er curso del grado en Maestro en Educación Primaria matriculados en una asignatura de contenido didáctico llamada «Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas en Educación Primaria». En los cursos anteriores, los EPM habían cursado dos asignaturas centradas en el contenido matemático, «Sentido Numérico» y «Sentido Geométrico», necesario para la enseñanza en la Educación Primaria.

La asignatura «Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas en la Educación Primaria» se articula a través de módulos centrados en diferentes contenidos matemáticos con el objetivo de desarrollar en los EPM la competencia docente de mirar profesionalmente las situaciones de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. Los datos de esta investigación proceden del módulo correspondiente a fracciones y decimales. Este módulo constaba de seis sesiones de dos horas de duración cada una.

En la primera parte del módulo, los EPM resolvían actividades sobre fracciones y analizaban sus resoluciones para hacer explícito el uso de los diferentes elementos matemáticos del significado de fracción como parte-todo. Posteriormente, los EPM resolvieron cuatro tareas donde tenían que analizar cómo el alumnado de educación primaria resuelve este tipo de actividades. Las respuestas de los niños/as de educación primaria se mostraban mediante videoclips o como respuestas escritas. Los EPM debían interpretar la compresión de los niños/as usando la información proporcionada en una trayectoria hipotética de aprendizaje (THA) sobre el significado de fracción como parte-todo y proponer un ob-

jetivo de aprendizaje y una actividad para apoyar la progresión de la comprensión de los niños/as. Los datos de este estudio corresponden a las actividades propuestas por los EPM en una de las tareas de analizar respuestas escritas de los niños/as.

Instrumentos: la THA y la tarea

La THA sobre el significado de fracción como parte-todo usada en este estudio se ha diseñado considerando los resultados de investigaciones previas sobre la comprensión de la fracción como parte-todo en el alumnado de educación primaria (Battista, 2012; Empson y Levi, 2011; Steffe y Olive, 2010). La información sobre la THA se les proporcionó a los EPM como un documento teórico en la segunda sesión del módulo. Este documento incluía las características de los elementos matemáticos del camino hipotético de aprendizaje de los niños/as (figura 1), ejemplos de respuestas de niños/as que reflejaban características de este camino (figura 2) y ejemplos de actividades que les podrían ayudar a progresar en la comprensión del concepto de fracción como parte-todo (figura 3). Por la extensión de este documento, en este artículo solo se muestra un resumen con las características principales de esta THA.

El camino hipotético de aprendizaje consta de tres niveles vinculados a la comprensión de elementos matemáticos de la fracción como parte-todo (figura 1). La transición del nivel 1 al 2 viene determinada por: reconocer que las partes en las que se divide el todo deben ser iguales en área (aunque no necesariamente en forma), empezar a usar fracciones unitarias como unidad iterativa para construir fracciones propias y mantener el mismo todo en actividades de comparación de fracciones. La transición del nivel 2 al 3 implica reconocer que una parte puede estar dividida en otras partes, usar cualquier fracción como unidad iterativa en la construcción de fracciones y reconocer la relación inversa entre el tamaño de la parte y el número de partes en que se divide el todo. Aunque asumimos que el proceso de aprendizaje de las matemáticas es recursivo, con avances y retrocesos, la información sobre niveles de progresión indica hitos que pueden ser considerados para comprender la progresión conceptual de los estudiantes.

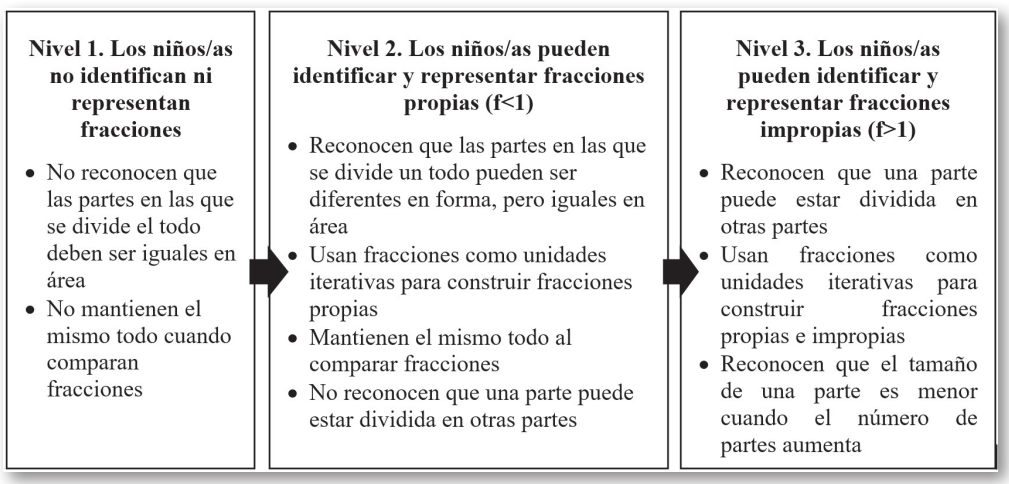


Fig. 1. Niveles de comprensión de los elementos matemáticos del significado de fracción como parte-todo.

Estos niveles eran ejemplificados con respuestas de estudiantes de educación primaria a distintas actividades en contextos intramatemáticos. Por ejemplo, en la figura 2 se ejemplifica la característica de no reconocer que las partes en las que se divide el todo deben ser iguales en área en una actividad de representar 1/3 en la figura dada.

Tipo de actividad	Actividad	Respuesta alumno	Característica
Representar fracciones	*Representa 1/3 de la siguiente figura*	*Divido la pizza en tres partes y cojo una*	No reconocen que las partes en las que se divide el todo deben ser iguales en área

Fig. 2. Ejemplo de la característica de no reconocer que las partes en las que se divide el todo deben ser iguales en área.

Además, se presentaban ejemplos de actividades para apoyar la comprensión de los distintos elementos matemáticos; actividades de identificación y representación de fracciones, comparación de fracciones, y de reconstrucción de la unidad con fracciones propias e impropias en modos de representación continuos y discretos. Por ejemplo, la actividad de la figura 3 es un ejemplo de actividad de representar fracciones para apoyar la comprensión del elemento matemático «las partes en las que se divide el todo deben ser iguales en área».

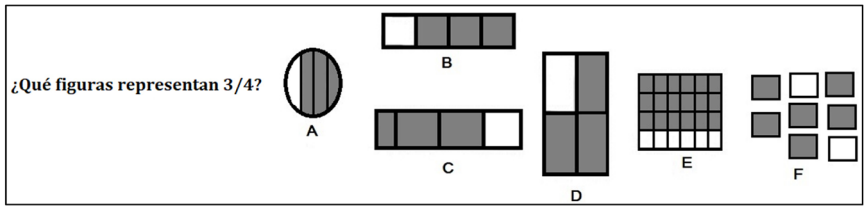
Representar fracciones

- Hacer mitades de forma diferente en una hoja de periódico.
- Repetir la misma tarea, pero con otras fracciones unitarias: 1/3; 1/8.

Fig 3. Ejemplo de actividad para apoyar la comprensión del elemento matemático «las partes en las que se divide el todo deben ser iguales en área».

Los EPM tenían que analizar las respuestas de tres parejas de niños/as de educación primaria a una actividad de identificación de fracciones (figura 4, Ivars et al., 2020) para proponer un objetivo de aprendizaje y una actividad que ayudara a progresar, en la comprensión de las fracciones, a cada pareja de estudiantes. Para la realización de la tarea disponían de la THA proporcionada como documento teórico de apoyo. Las respuestas de cada pareja de niños/as reflejaban características de los niveles de comprensión del significado de fracción como parte-todo (figura 1):

– La respuesta de Xavi y Víctor (pareja 1) sugiere que se fijan en el número de partes en las que se divide el todo y luego cuentan las que están sombreadas cuando afirman que «A, B, C y D son 3 partes de 4 sombreadas, es decir ¾», pero sin tener en cuenta que las partes del todo deben ser iguales en área. Esto se manifiesta cuando consideran las figuras A y C como representaciones de la fracción 3/4. Además, no consideran que una parte puede estar dividida en otras partes puesto que no consideran las figuras E y F como representaciones de 3/4. Estas son características del nivel 1 de la THA.
– Joan y Tere (pareja 2) identifican que las partes en las que se divide el todo deben tener la misma área en contextos continuos puesto que descartan las representaciones A y C indicando «tienen 3 partes de 4 sombreadas, pero las partes no son iguales». Sin embargo, Joan y Tere siguen sin reconocer que una parte puede estar dividida en otras partes, ya que afirman que la figura E no representa 3/4 al estar dividida en 24 partes iguales de las cuales 18 están sombreadas. Estas son características del nivel 2 de la THA.
– Finalmente, Álvaro y Félix (pareja 3) entienden que las partes en las que se divide el todo deben ser iguales en área y que una parte puede estar dividida en otras partes, ya que su respuesta incluye las figuras B, D, E y F como representaciones de ¾. Así, muestran características del nivel 3 de la THA.



Respuesta de Víctor y Xavi

Víctor: Nosotros creemos que la figura A, B C y D representan tres-cuartos.

Maestra: Xavi, ¿tú estás de acuerdo con Víctor?

Xavi: Sí porque A, B, C y D son 3 partes de 4 sombreadas, es decir 3/4

Maestra: ¿Estáis todos de acuerdo?

Respuesta de Joan y Tere

Joan: No, nosotros no.

Maestra: ¿Vosotros qué pensáis?

Tere: Nosotros creemos que las figuras B y D son tres cuartos porque están divididas en cuatro partes iguales y hay tres sombreadas. Las figuras A y C tienen 3 partes de 4 sombreadas, pero las partes no son iguales…

Maestra: ¿Y la figura E? ¿Qué pensáis de la figura E?

Joan: La figura E no son tres cuartos porque si te fijas están divididos en 24 partes iguales y hay pintadas 18.

Tere: Eso es, no son tres-cuartos.

Maestra: Entonces la F…

Ambos: …. Tampoco, eso son 6 cuadrados sombreados.

Respuesta de Félix y Álvaro

Maestra: ¿Estáis todos de acuerdo? Félix y Álvaro, ¿qué pensáis vosotros?

Félix: Bueno… sí. La A, B C y D son como dicen ellos (Joan y Tere), lo que pasa es que la E lo hemos hecho de otra manera…

Maestra: ¿Cómo? Explícanoslo

Álvaro: Bueno… mmmm pues así, mira. Si te fijas cada línea tiene 6 cuadritos, es decir son todas iguales, y como hay 3 líneas sombreadas de las 4 pues entonces son tres cuartos. Además… para la F también son tres cuartos porque si haces así (agrupando los cuadraditos de 2 en 2), obtienes 4 grupos de 2 cuadraditos, y de esos 4 grupos, 1, 2 y 3 (señalando a la vez que cuenta cada grupo sombreado) están sombreados, que son tres grupos sombreados de los cuatro que tenemos.

Respuesta de Félix y Álvaro

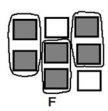


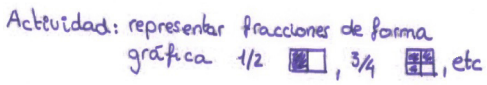
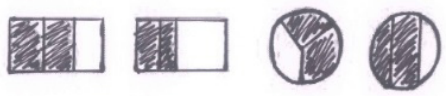
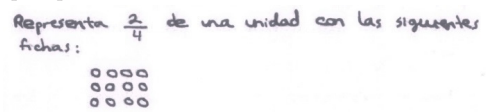
Fig. 4. Respuestas de las tres parejas de niño/as a la actividad de identificación de fracciones de la tarea.

Análisis

Para realizar el análisis de las actividades propuestas por los EPM asumimos que no existe necesariamente una única actividad que pueda ser propuesta para ayudar al alumnado de primaria a progresar en su comprensión (transitar de un nivel al siguiente en el camino hipotético de aprendizaje de la THA). De esta manera, analizamos en qué medida las actividades propuestas por los EPM se vinculan a potenciar la comprensión del elemento matemático que pudiera permitir la progresión del alumnado. El análisis lo realizamos en dos fases. En la primera, los tres autores analizamos un pequeño grupo de respuestas independientemente considerando *i*) si los EPM proponían un objetivo de aprendizaje para que la pareja de niños/as progresara en su comprensión del concepto de fracción considerando la THA, y *ii*) si los EPM proponían una actividad adecuada a dicho objetivo. Para que una actividad fuera considerada como adecuada tenía que estar vinculada con el objetivo propuesto. Luego compartimos y comparamos las diferencias y similitudes de los análisis realizados hasta llegar a un consenso sobre las categorías obtenidas.

De este análisis se obtuvieron tres categorías de respuestas de EPM: *i*) los que dejaban la respuesta en blanco, *ii*) los que proponían solo el objetivo de aprendizaje, o proponían un objetivo y una actividad no vinculada al objetivo y *iii*) los que proponían un objetivo de aprendizaje y una actividad que se vinculaba al objetivo (tabla 1).

Tabla 1.
Categorías y ejemplos

Categorías	*Ejemplos de respuestas de EPM*	*Evidencias desde el análisis*
EPM que proponen solo el objetivo de aprendizaje, o proponen un objetivo y una actividad no vinculada al objetivo.	EPM 11. Víctor y Xavi. Objetivo: Reconocer que las partes en que se divide el todo son iguales en área. EPM13. Víctor y Xavi. Objetivo: Reconocer que las partes son iguales en área. 	El EPM 11 propone un objetivo de aprendizaje centrado en el elemento matemático que debe ser comprendido para que Víctor y Xavi progresen del nivel 1 al nivel 2 de la THA, pero no propone ninguna actividad. El EPM 13 propone un objetivo de aprendizaje para ayudar a Víctor y Xavi a progresar del nivel 1 al nivel 2 de la THA. Sin embargo, propone una actividad de representación de fracciones sin relación con dicho objetivo al no estar centrada en el elemento matemático que debe ser comprendido.
EPM que proponen un objetivo de aprendizaje y una actividad vinculada al objetivo de aprendizaje.	EPM 31 Víctor y Xavi. Objetivo: Reconocer que las partes han de ser iguales en área. Actividad: Señala la figura que representa 2/3.  EPM 73 Joan y Tere. Objetivo: Reconocer que una parte puede estar dividida en otras partes en contextos discretos (para pasar del nivel 2 al 3). 	El EPM31 propone un objetivo de aprendizaje para ayudar a Víctor y Xavi a progresar del nivel 1 al nivel 2 de la THA. Este EPM propone una actividad centrada en el elemento matemático que debe ser comprendido dirigida a identificar diferentes representaciones de la fracción 2/3 en contexto continuo. La actividad exige al niño/a reconocer que solo aquellas representaciones en las que las tres partes son iguales en área representan 2/3. El EPM73 propone un objetivo de aprendizaje para que Joan y Tere progresen entre el nivel 2 y 3 de la THA centrado en el elemento matemático que debe ser comprendido. La actividad propuesta se centra en comprender que una parte puede estar formada por otras partes. En la actividad el estudiante debe reconocer que 1/4 está formado por un grupo de tres fichas (y 2/4 por un grupo de seis fichas).

En una segunda fase del análisis nos centramos en el grupo de EPM que propusieron una actividad vinculada al objetivo. Esta fase del análisis tenía como objetivo identificar características en las actividades propuestas. Para ello, los tres autores analizamos un pequeño grupo de actividades de manera independiente, considerando si las actividades iban dirigidas a potenciar el desarrollo de la comprensión del elemento/s matemático/s que permite a los estudiantes progresar en su aprendizaje. A continuación, comparamos y discutimos los análisis individuales para consensuar diferencias y similitudes en las categorías de respuestas que emergieron.

Las categorías de actividades propuestas para Xavi y Víctor emergidas del análisis son:

– Actividades centradas en reconocer la necesidad de realizar un reparto justo o equitativo (código JUST) que vincula la idea de fracción como cociente en situaciones de reparto y el significado de parte-todo.
– Actividades centradas en reconocer que las partes en las que se divide el todo han de ser «congruentes» (código CONGR), pero en las que no se subraya que las partes pueden ser diferentes en forma.
– Actividades centradas en reconocer que las partes en las que se divide el todo deben ser iguales en área aunque pueden tener formas diferentes (código IGUAL).

Las categorías de actividades propuestas para Joan y Tere emergidas del análisis son:

– Actividades centradas en comprender que una parte puede estar dividida en otras partes usando el modo de representación continuo (CONT).
– Actividades centradas en comprender que una parte puede estar dividida en otras partes usando el modo de representación discreto (DISC).
– Actividades centradas en comprender que una parte puede estar dividida en otras partes usando ambos modos de representación (DOS).

No se identificaron categorías de actividades para la pareja formada por Félix y Álvaro, ya que los EPM no propusieron objetivo ni actividades para esta pareja. En la siguiente sección presentamos los resultados obtenidos en estas dos fases de análisis y ejemplos de las categorías de actividades identificadas.

RESULTADOS

En primer lugar, presentamos los resultados globales obtenidos en la primera fase de análisis que muestran los EPM que fueron capaces de proponer un objetivo de aprendizaje para ayudar a la pareja de niños/as a progresar en su comprensión y los EPM que fueron capaces de proponer una actividad adecuada a dicho objetivo para cada pareja. En segundo lugar, los resultados de la fase 2 de análisis que describen el tipo de actividad propuesta para cada pareja de niños/as.

Actividades propuestas por los EPM

La tabla 2 resume los resultados obtenidos en relación con el objetivo de aprendizaje y las actividades propuestas. Todos los EPM consideraron que la pareja que mostraba características del nivel 3 había logrado el objetivo de aprendizaje deseado y, por tanto, no propusieron ni objetivo de aprendizaje, ni actividades para ellos. Es decir, únicamente propusieron un objetivo y actividades para Xavi-Víctor (transición nivel 1 al nivel 2) y para Joan-Tere (transición nivel 2 al nivel 3).

Tabla 2.
Respuestas de los EPM

	En blanco	*Solo objetivo*	*Una actividad*	*Dos actividades*	*TOTAL*
EPM	7	31	34	23	95

La tabla 2 indica que 31 EPM solo propusieron un objetivo o propusieron un objetivo sin que la actividad estuviera vinculada con este objetivo para alguna de las dos parejas, 34 EPM propusieron únicamente una actividad (9 para la transición del nivel 1 al nivel 2 –Xavi y Víctor– y 25 para la transición del nivel 2 al nivel 3 –Joan y Tere–) y 23 EPM propusieron dos actividades (una para cada transición). Estos resultados muestran que *i*) el 92,6 % de los EPM al menos fueron capaces de proponer un objetivo para alguna de las parejas que les ayudara a progresar en su comprensión, y el 60 % de los EPM fueron capaces de proponer al menos una actividad adecuada con el objetivo para alguna de las parejas y *ii*) los EPM fueron capaces de proponer más actividades para potenciar el desarrollo de la comprensión del elemento una parte puede estar dividida en otras partes (transición nivel 2 al 3), que para potenciar la comprensión del elemento las partes deben ser iguales en área, aunque no necesariamente en forma (transición nivel 1 al 2).

Tipos de actividades propuestas por los EPM

La tabla 3 muestra el tipo de actividades propuestas por los EPM para cada una de las transiciones (los objetivos incluidos en la tabla vinculados a cada transición son los que aparecían en la THA).

Tabla 3.
Tipología de actividades propuestas por los EPM para cada transición en la THA

	Del nivel 1 al nivel 2 *Objetivo:* Reconocer que las partes en las que se divide un todo pueden ser diferentes en forma, pero iguales en área				*Del nivel 2 al nivel 3* *Objetivo:* Reconocer que una parte puede estar dividida en otras partes			
Tipos	CONGR	IGUAL	JUST	*Total (%)*	CONT	DOS	DISC	*Total (%)*
Número de actividades (80)	14	14	4	*32 (40)*	20	9	19	*48 (60)*

CONGR = Congruente; IGUAL = Igual; JUST = Justo; CONT = Continuo; DOS = Dos; DISC = Discreto.

Actividades propuestas para la transición del nivel 1 al nivel 2

Las actividades propuestas por los EPM para esta pareja de estudiantes se agruparon en tres tipos: actividades dirigidas a reconocer la necesidad de realizar un reparto justo o equitativo (JUST), actividades centradas en reconocer que las partes en las que se divide el todo han de ser idénticas en forma y área (CONGR), lo que implica una restricción implícita de la comprensión del elemento matemático en este nivel y actividades centradas en reconocer que las partes en las que se divide el todo deben ser iguales en área (IGUAL), que asumían que las partes en las que se divide un todo pueden ser diferentes en forma, pero iguales en área y por tanto superaban la restricción del grupo anterior.

La figura 5 muestra un ejemplo de actividad que tiene como objetivo establecer un reparto justo (JUST) introduciendo la necesidad de dividir el todo en partes iguales para que el reparto sea «equitativo y justo». Para ello, el EPM define un contexto próximo a los niños y propone una representación gráfica de un pastel de cumpleaños en el que las partes (porciones) no son iguales. A continuación, propone al hacer el reparto dar la porción más pequeña al estudiante y mediante preguntas del tipo «¿Te parece justo el reparto? ¿Por qué?» se pretende propiciar un conflicto que ayude al estudiante a reflexionar sobre la necesidad de dividir el pastel en partes iguales para que el reparto sea justo y equitativo. En este tipo de actividad no hay una mención explícita a la necesaria comprensión de que las partes pueden ser diferentes en forma.

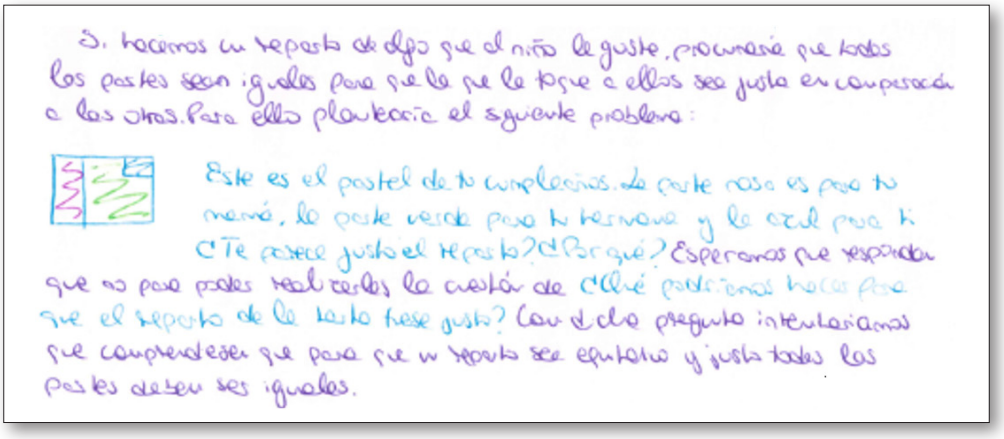


Fig. 5. Actividad centrada en un reparto justo (EPM79).

Con relación a las actividades de la categoría CONGR, estas se centran en considerar que las partes en las que se divide el todo han de ser idénticas entre sí. Esta aproximación permite, en un momento determinado, realizar de manera diferente las divisiones para obtener por ejemplo cuartos, sin embargo, no ponen de manifiesto explícitamente la necesidad de considerar inicialmente formas diferentes pero de la misma área. Por ejemplo, el EPM 23 (figura 6) propone una actividad usando como material hojas de papel. En esta actividad se pide a los niños/as de primaria que realicen sucesivas divisiones de la hoja según una fracción unitaria (por la mitad, en cuatro partes…) para desarrollar la comprensión de que las partes «deber ser iguales». El EPM al proponer esta actividad incide en la idea de que las partes tienen que ser iguales al superponer las partes, pero no hay ningun indicio que permita desarrollar la idea vinculada a que la forma puede ser diferente.

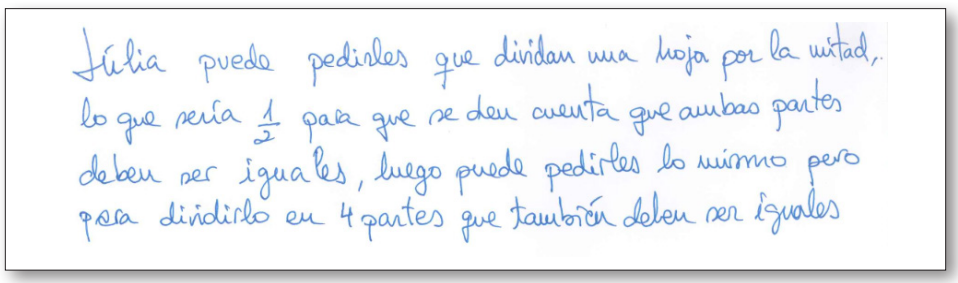


Fig. 6. Actividad centrada en reconocer la congruencia de las partes en relación con el todo (EPM23).

La figura 7 muestra un ejemplo de una actividad propuesta por el EPM49 focalizada en reconocer explícitamente que las partes en las que se divide el todo deben ser iguales en área, pero pueden ser diferente en forma (IGUAL). Esta es una actividad de representación de fracciones, en la que se demanda a los niños/as de primaria que representen 3/6 en un todo en contexto continuo (rectángulo) para posteriormente, solicitarles que, sobre el mismo todo, representen 3/6 pero de manera diferente. Esta actividad posibilita la aparición de distintas representaciones de una misma fracción generando un espacio para discutir sobre la igualdad en área de las partes aunque la forma sea distinta, apoyando así la comprensión de que las partes de un todo pueden ser diferentes en forma pero han de ser iguales en área en relación con el todo.

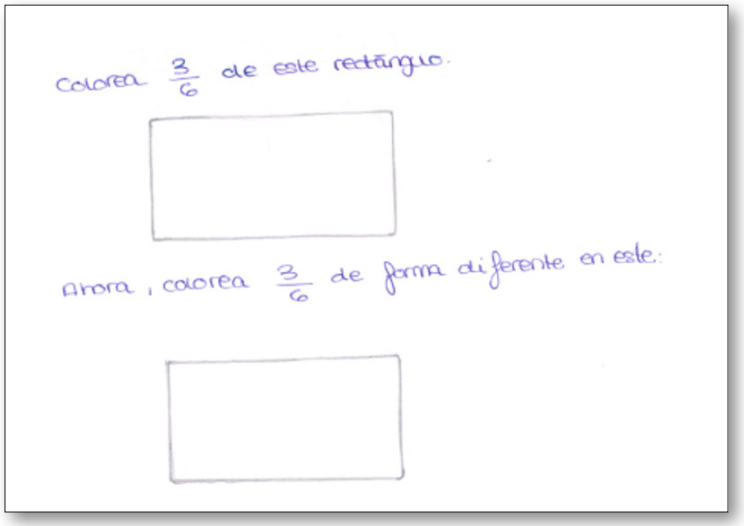


Fig. 7. Actividad centrada en reconocer que las partes de un todo deben ser iguales en área, pero pueden ser diferentes en forma (EPM49).

Actividades propuestas para la transición del nivel 2 al nivel 3

Las actividades propuestas por los EPM para la pareja de Joan y Tere fueron agrupadas según el modo de representación usado (continuo y discreto): actividades diseñadas en modo de representación continuo (CONT), actividades en modo de representación discreto (DISC) y actividades que consideraban ambos modos de representación (DOS).

La figura 8 muestra una actividad que tiene como objetivo reconocer que una parte puede estar dividida en otras partes en modo de representación continuo (CONT). La actividad implica la representación de la fracción 2/4 de dos maneras diferentes. Para ello se proporciona, en un caso, un rectángulo considerado como todo dividido en 4 cuadrados, y en el otro caso, otro rectángulo dividido en 16 cuadraditos. Se pide representar la fracción 2/4 en cada rectángulo. En esta actividad los niños/as deben reconocer que en una representación 4 cuadraditos de los 16 que forman el todo corresponden a 1/4 por lo que 8 cuadraditos serían 2/4, mientras que en la otra representación 2/4 se representa como dos partes de las 4 dadas (idea de equivalencia entre 2/4 y 8/16).

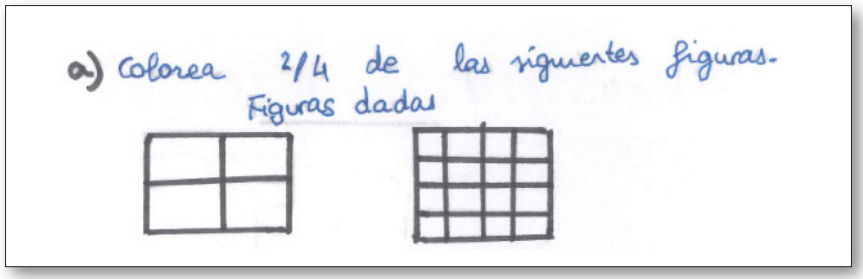


Fig. 8. Actividad en modo de representación continuo (EPM61).

Teniendo en cuenta solo el contexto discreto, la figura 9 muestra una actividad propuesta por el EPM49 de representar la fracción 2/5 dado un conjunto de 10 cuadrados como el todo. El estudiante de primaria tiene que usar la idea de que una parte puede estar formada por otras partes ya que debe reconocer 1/5 como 2 cuadrados.

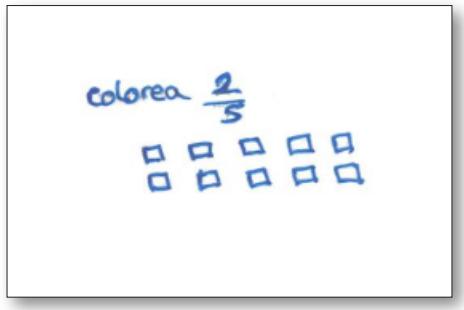


Fig. 9. Actividad en modo de representación discreto (EPM49).

Finalmente, la figura 10 muestra un ejemplo de actividad en la que se usan ambos modos de representación: discreto y continuo (DOS). La actividad propuesta por el EPM31, de identificación/reconocimiento de fracciones propias, utiliza diferentes representaciones del todo usando representaciones continuas (círculo, rectángulo y cuadrado) y discretas (fichas cuadradas). Estas representaciones de 2/3, permiten mostrar que una parte puede estar dividida en otras partes. Por ejemplo, en la cuarta representación, para identificar que la parte sombreada representa 2/3 del cuadrado grande, se debe considerar que 1/3 del cuadrado grande está formado por 10 partes iguales (cuadraditos).

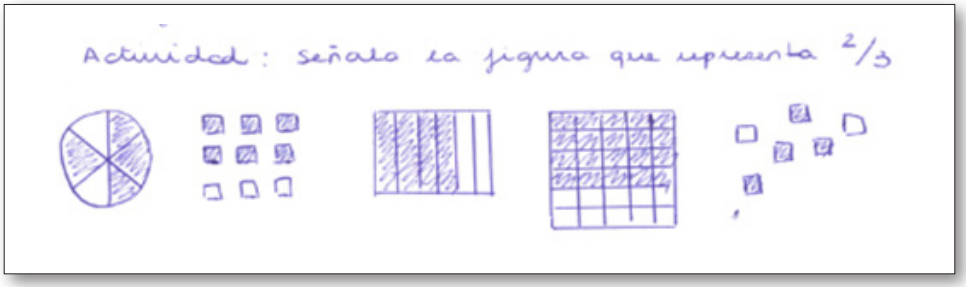


Fig. 10. Actividad en modo de representación discreto y continuo (EPM31).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio subrayan dos ideas. En primer lugar, que el uso de una THA sobre el significado de fracción como parte-todo parece haber ayudado a los EPM a proponer actividades que apoyan el progreso de la comprensión de los niños/as. En segundo lugar, nos ha permitido identificar características de las actividades propuestas por los EPM para ayudar al alumnado a comprender los elementos matemáticos específicos que les permitan progresar en su comprensión.

Uso de la THA para proponer actividades

Ochenta y ocho de los 95 EPM (92,6 %) que participaron en este estudio, lograron proponer un objetivo de aprendizaje para alguna de las parejas que les ayudara a transitar al nivel siguiente de comprensión, mientras que 57 de los 95 EPM (60 %) propusieron al menos una actividad adecuada para alguna de las parejas. Los resultados obtenidos en investigaciones previas muestran que la destreza de decidir cómo continuar con la enseñanza es la más difícil de adquirir. Aunque somos conscientes de que nuestro porcentaje no es muy elevado y que existen diferencias entre los estudios, nuestros resultados son optimistas en comparación con los de Jacobs et al. (2010) o Timinsky et al. (2014), que obtuvieron porcentajes del 14 % y el 20 % respectivamente para esta destreza. Nuestros resultados indican que la THA, y las características de la tarea propuesta en el programa de formación, parece que ayudaron a los EPM a identificar objetivos específicos vinculados a los elementos matemáticos que debían ser comprendidos para que los niños/as progresen en su comprensión (Sztajn et al., 2012).

Nuestros resultados también indican que la capacidad de proponer actividades para potenciar la comprensión de los alumnos dependía del elemento matemático. Esto se evidencia porque los EPM propusieron más actividades para el desarrollo de la comprensión del elemento matemático *reconocer que una parte puede estar dividida en otras partes* (elemento del nivel 2 al nivel 3), que para el desarrollo de la comprensión del elemento *reconocer que las partes en las que se divide un todo pueden ser diferentes en forma, pero iguales en área*. Estos resultados indican que la información sobre las características de la comprensión del alumnado de primaria, organizada en la THA, no se consigue aprender y usar de la misma manera y que su aprendizaje está vinculado a los elementos matemáticos específicos. Las dificultades experimentadas por los EPM con el uso de la THA pueden ser explicadas por el papel del conocimiento de los distintos elementos matemáticos que configuran los niveles de comprensión de THA (Simon y Tzur, 2004), o sus orientaciones (creencias, valores, sesgos o disposición; Schoenfeld, 2011). Este resultado incide en la relación entre el aprendizaje de la THA por parte de los estudiantes para maestro y su uso para proponer actividades de enseñanza. En este sentido, los EPM de esta investigación no propusieron ninguna actividad para la pareja de estudiantes formada por Álvaro y Félix al considerar que habían logrado el objetivo de aprendizaje predeterminado. Sin embargo, la revisión de lo aprendido es una manera efectiva de consolidar el conocimiento adquirido y de seguir aprendiendo (Lai, Lam y Lim, 2016). Los EPM hubieran podido proponer actividades de consolidación para esta pareja.

El desarrollo general de la destreza de decidir cómo continuar la enseñanza se ha vinculado con la experiencia docente y el desarrollo profesional (Jacobs et al., 2010); sin embargo, los programas de formación inicial pueden proporcionar los contextos para que los EPM puedan comenzar a desarrollarla (Smith y Stein, 2011; Sztajn et al., 2012). La tarea propuesta proporcionó una *aproximación a la práctica de enseñar* para que los EPM comiencen a teorizar sobre la práctica (Grossman et al., 2009; Smith, 2003) proporcionándoles la oportunidad de empezar a desarrollar la competencia de mirar profesionalmente y, en particular, la destreza de decidir cómo continuar la enseñanza considerando la comprensión del alumnado.

Características de las actividades propuestas por los EPM

Los resultados han mostrado diferentes tipologías de actividades. Hemos identificado tres aproximaciones centradas en la comprensión del elemento matemático *las partes en las que se divide el todo pueden ser diferentes en forma, pero deben ser iguales en área*. Estas tres aproximaciones se centran en apoyar la comprensión de este elemento desde la necesidad de establecer un reparto justo o equitativo a la idea de igualdad en área independientemente de la forma. Las actividades centradas en desarrollar un razonamiento basado en contextos de reparto equitativo y justo (JUST; figura 3), como las investigaciones previas sugieren, pueden sentar las bases para la comprensión de las fracciones (Empson, 1999). Este tipo de actividades «ofrecen una base potencialmente rica para la comprensión de las fracciones que se basa en los recursos adquiridos informalmente de los niños y, a través de la instrucción, motiva esos recursos hacia una comprensión matemática más sofisticada» (Empson, 1999, p. 289). Por otra parte, en las actividades propuestas centradas en la igualdad (CONGR; figura 4) se hace explícita la necesidad de dividir el todo en partes iguales, sin embargo se equipara semánticamente la igualdad en área con congruencia (igualdad en área y forma). Aunque la acción de dividir en partes iguales es previa a la comprensión de la igualdad en área, este hecho puede conducir a los niños/as a errores conceptuales como pensar que las partes en las que se divide el todo deben ser idénticas en forma entre sí (D'Ambrosio y Mewborn, 1994). Finalmente, las actividades en la categoría IGUAL (figura 5) inciden en la necesidad de hacer explícitos los dos aspectos que configuran el elemento matemático (las partes en las que se divide el todo deber ser iguales en área pero pueden ser diferentes en forma) (Clarke, Roche y Mitchell, 2011) y, para ello, en estas actividades los EPM utilizan representaciones gráficas no estándar de fracciones.

En relación con las actividades para la comprensión del elemento matemático *una parte puede estar dividida en otras partes*, los EPM usaron de manera parecida el modo de representación continuo y discreto. Que el alumnado de primaria tenga más éxito al resolver actividades en las que la representación se proporciona en contexto continuo que en discreto (Larson, 1988; Ni, 2001), se ha vinculado a la exposición continuada a actividades de fracciones presentadas en contexto continuo (Kurt y Cakiroglu, 2009). Por tanto, que los EPM en esta investigación propusieran actividades con el modo de representación continuo y discreto, sugiere que la información sobre la THA dotó a los EPM de ejemplos que les permitieron valorar la necesidad de proporcionar a su alumnado actividades en diversos modos de representación como medio para conseguir desarrollar su comprensión de las fracciones.

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que la estructura de la tarea propuesta en el programa de formación y la información de la THA de las fracciones ayudaron a estructurar la mirada de los EPM y les sirvieron como referencia para proponer actividades de instrucción vinculadas a objetivos de aprendizaje previamente establecidos que consideraban la comprensión de los niños/as de educación primaria. De esta manera, podemos considerar que la tarea propuesta es una representación de la práctica (Grossman et al., 2009) que junto a la THA, pueden ser herramientas útiles en los programas de formación inicial de maestros. Sin embargo, estos resultados también indican que queda camino por recorrer para potenciar el desarrollo de la competencia de mirar profesionalmente en los programas de formación e invitan a seguir investigando en esta línea. En futuros proyectos de investigación sería interesante analizar cómo la participación de los EPM de educación primaria en un módulo diseñado alrededor de una THA puede apoyar el desarrollo de la competencia mirar profesionalmente el pensamiento matemático de los estudiantes, como se está mostrando en el caso de los estudiantes para maestro de educación infantil (Sánchez-Matamoros, Moreno, Pérez-Tyteca y Callejo, 2018) y estudiantes para profesores de educación secundaria (Sánchez-Matamoros, Fernández y Llinares, 2015). El análisis de las respuestas de los EPM a las distintas tareas profesionales incluidas en el módulo podría ayudar a comprender mejor cómo la introducción de una THA puede apoyar el desarrollo de la competencia de mirar profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto EDU2017-87411-R del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MINECO, España) y por el proyecto GV/2018/066 de la Conselleria de Educación, Investigación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana (España).

REFERENCIAS

Barnhart, T. y van Es, E. (2015). Studying teacher noticing: Examining the relationship among preservice science teachers' ability to attend, analyze and respond to student thinking. *Teaching and Teacher Education*, *45*, 83-93. https://doi.org/10.1016/j.tate.2014.09.005

Battista, M. T. (2012). *Cognition-Based Assessment and teaching of fractions: Building on students' reasoning*. Portsmouth: Heinemann.

Chao, T., Murray, E. y Star, J. R. (2016). Helping mathematics teachers develop noticing skills: Utilizing smartphone technology for one-on-one teacher/student interviews. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, *16*(1), 22-37.

Choy, B. H. (2013). Productive mathematical noticing: What it is and why it matters. En V. Steinle, L. Ball y C. Bardini (Eds.), *Proceedings of the 36th Annual Conference of Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 186-193). Melbourne, Victoria: MERGA.

Clarke, D., Roche, A. y Mitchell, A. (2011). One-to-one student interviews provide powerful insights and clear focus for the teaching of fractions in the middle years. En J. Way y J. Bobis (Eds.), *Fractions: Teaching for Understanding* (pp. 23-41). Australia: A.A.M.T. Inc.

D'Ambrosio, B. S. y Mewborn, D. S. (1994). Children's constructions of fractions and their implications for classroom instruction. *Journal of Research in Childhood Education*, *8*(2), 150-161. https://doi.org/10.1080/02568549409594863

Daro, P., Mosher, F. y Corcoran, T. (2011). *Learning trajectories in mathematics: A foundation for standards, curriculum, assessment, and instruction* (CPRE Research Report #RR68). Filadelfia: CPRE. https://doi.org/10.12698/cpre.2011.rr68

Edgington, C., Wilson, P. H., Sztajn, P. y Webb, J. (2016). Translating learning trajectories into useable tools for teachers. *Mathematics Teacher Educator*, *5*(1), 65-80. https://doi.org/10.5951/mathteaceduc.5.1.0065

Empson, S. B. (1999). Equal sharing and shared meaning: The development of fraction concepts in a first-grade classroom. *Cognition and Instruction*, *17*(3), 283-342. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1703_3

Empson, S. y Levi, L. (2011). *Extending children's mathematics. Fractions and decimals.* Portsmouth, New Hampshire: Heinemann.

Fernández, C., Sánchez-Matamoros, G., Valls, J. y Callejo, M. L. (2018). Noticing students' mathematical thinking: characterization, development and contexts. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, *13*, 39-61. https://doi.org/10.35763/aiem.v0i13.229

Fortuny, J. M. y Rodríguez, R. (2012). Aprender a mirar con sentido: facilitar la interpretación de las interacciones en el aula. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, *1*, 23-37. https://doi.org/10.35763/aiem.v1i1.3

Grossman, P., Copton, C., Igra, D., Ronfeldt, M., Shahan, E. y Willianson, P. (2009). Teaching practice: A cross-professional perspective. *Teachers College Record*, *111*(9), 2055-2100.

Gupta, D., Soto, M., Dick, L., Broderick, S. D. y Appelgate, M. (2018). Noticing and deciding the next steps for teaching: A cross-university study with elementary pre-service teachers. En J. Stylianides y K. Hino (Eds.), *Research advances in the mathematical education of pre-service elementary teachers* (pp. 261-275). Cham, Suiza: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68342-3_18

Ivars, P., Fernández, C. y Llinares, S. (2020). A learning trajectory as a scaffold for pre-service teachers' noticing of students' mathematical understanding. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *18*(3), 529-548. https://doi.org/10.1007/s10763-019-09973-4

Ivars, P., Fernández, C., Llinares, S. y Choy, B. H. (2018). Enhancing noticing: using a hypothetical learning trajectory to improve pre-service primary teachers' professional discourse. *Eurasia Journal of Mathematics, Science, and Technology Education*, *14*(11), em1599. https://doi.org/10.29333/ejmste/93421

Jacobs, V. R., Lamb, L. C. y Philipp, R. (2010). Professional noticing of children's mathematical thinking. *Journal for Research in Mathematics Education*, *41*(2), 169-202.

Krupa, E. E., Huey, M., Lesseig, K., Casey, S. y Monson, D. (2017). Investigating secondary preservice teacher noticing of students' mathematical thinking. En E. O. Schack, M. H. Fishery y J. A. Wilhelm (Eds.), *Teacher Noticing: Bridging and broadening perspectives, contexts, and frameworks* (pp. 49-72). Cham, Suiza: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46753-5_4

Kurt, G. y Cakiroglu, E. (2009). Middle grade students' performances in translating among representations of fractions: A Turkish perspective. *Learning and Individual Differences*, *19*(4), 404-410. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.02.005

Lai, M., Lam, K. M. y Lim, C. P. (2016). Design principles for the blend in blended learning: a collective case study. *Teaching in Higher Education*, *21*(6), 716-729. https://doi.org/10.1080/13562517.2016.1183611

Larson, C. N. (1988). Teaching fraction terms to primary students. En M. J. Behr, C. B. Lacampagne y M. M. Wheeler (Eds.), *Proceedings of the 10th Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 100-106). Dekalb, IL: PME-NA.

Levin, D. M., Hammer, D. y Coffey, J. E. (2009). Novice teachers' attention to student thinking. *Journal of Teacher Education*, *60*(2), 142-154. https://doi.org/10.1177/0022487108330245

Mason, J. (2002). *Researching your own practice. The discipline of noticing*. Londres: Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203471876

Mason, J. (2016). Perception, interpretation and decision making: understanding gaps between competence and performance –a commentary. *ZDM Mathematics Education*, *48*(1-2), 219-226. https://doi.org/10.1007/s11858-016-0764-1

National Council of Teachers of Mathematics (2014). *Principles to actions: Ensuring mathematics success for all*. Reston, VA: NCTM.

Ni, Y. (2001). Semantic domains of rational numbers and the acquisition of fraction equivalence. *Contemporary Educational Psychology*, *26*(3), 400-417. https://doi.org/10.1006/ceps.2000.1072

Sánchez-Matamoros, G., Fernández, C. y Llinares, S. (2015). Developing pre-service teachers' noticing of students' understanding of the derivative concept. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *13*(6), 1305-1329. https://doi.org/10.1007/s10763-014-9544-y

Sánchez-Matamoros, G., Moreno, M., Prez-Tyteca, P. y Callejo, M. L. (2018). Trayectoria de aprendizaje de la longitud y su medida como instrumento conceptual usado por futuros maestros de Educación Infantil. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, *21*(2), 203-228. https://doi.org/10.12802/relime.18.2124

Schack, E. O., Fisher, M. H. y Wilhelm, J. A. (Eds.) (2017). *Teacher Noticing: Bridging and broadening perspectives, contexts, and frameworks*. Cham, Suiza: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46753-5

Schoenfeld, A. H. (2011). *How we think: A theory of goal-oriented decision making and its educational applications*. Nueva York: Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203843000

Sherin, M. G., Jacobs, V. R. y Philipp, R. A. (Eds.) (2011). *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes*. Nueva York: Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203832714

Simon, M. A. y Tzur, R. (2004). Explicating the role of mathematical tasks in conceptual learning: An elaboration of the hypothetical learning trajectory. *Mathematical Thinking and Learning*, *6*(2), 91-104. https://doi.org/10.1207/s15327833mtl0602_2

Smith, T. (2003). Connecting theory and reflective practice through the use of personal theories. En N. Pateman, B. Dougherty y J. Zilliox (Eds.), *Proceedings of the 27th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (vol. 4, pp. 215-222). Honolulu, HI: PME.

Smith, M. S. y Stein, M. K. (2011). *5 Practices for Orchestrating Productive Mathematics Discussions.* Reston, VA: NCTM.

Son, J. W. y Crespo, S. (2009). Prospective teachers' reasoning and response to a student's non-traditional strategy when dividing fractions. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *12*(4), 235-261. https://doi.org/10.1007/s10857-009-9112-5

Son, J. W. y Sinclair, N. (2010). How prospective teachers interpret and respond to student geometric errors. *School Science and Mathematics*, *110*(1), 31-46. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2009.00005.x

Stahnke, R., Schueler, S. y Roesken-Winter, B. (2016). Teachers' perception, interpretation, and decision-making: a systematic review of empirical mathematics education research. *ZDM. Mathematics Education*, *48*(1-2), 1-27. https://doi.org/10.1007/s11858-016-0775-y

Steffe, L. y Olive, J. (2010). *Children's fractional knowledge*. Nueva York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0591-8

Sztajn, P., Confrey, J., Wilson, P. H. y Edgington, C. (2012). Learning trajectory based instruction toward a theory of teaching. *Educational Researcher*, *41*(5), 147-156. https://doi.org/10.3102/0013189x12442801

Sztajn, P., Edgington, C., Wilson, P. H., Webb, J. y Myers, M. (2019). The Learning Trajectory Based Instruction Project. En P. Sztajn y P. Holt Wilson (Eds.), *Learning Trajectories for teachers: Designing effective professional development for math instruction* (pp. 15-47). Nueva York: Teachers' College Press.

Sztajn, P. y Wilson, P. H. (2019). *Learning trajectories for teachers: Designing effective professional development for math instruction*. Nueva York: Teachers' College Press.

Timinsky, A. M., Land, T. J., Drake, C., Zambak, V. S. y Simpson, A. (2014). Preservice elementary mathematics teachers' emerging ability to write problems to build on children's mathematics. En J. J. Lo, K. R. Leatham y L. R. Van Zoest (Eds.), *Research trends in mathematics teacher education* (pp. 193-218). Cham, Suiza: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02562-9_11

van Es, E. (2011). A framework for learning to notice student thinking. En M. G. Sherin, V. R. Jacobs y R. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes* (pp. 134-151). Nueva York: Routledge.

Wager, A. A. (2014). Noticing children's participation: Insights into teacher positionality toward equitable mathematics pedagogy. *Journal for Research in Mathematics Education*, *45*(3), 312-350. https://doi.org/10.5951/jresematheduc.45.3.0312

Using a hypothetical learning trajectory to propose instructional activities

Pedro Ivars, Ceneida Fernández, Salvador Llinares
Departamento de Innovación y Formación Didáctica. Universidad de Alicante, España
pere.ivars@ua.es; ceneida.fernandez@ua.es; sllinares@ua.es

Noticing students' mathematical understanding is one of the competences that teachers should acquire (NCTM, 2014). This competence is made up of three interrelated skills: identifying mathematical details in students' strategies, interpreting students' mathematical understanding and deciding on how to respond considering students' understanding (Jacobs, Lamb y Philipp, 2010). Previous studies highlight that this competence can be developed in teacher-training programs (Fortuny y Rodríguez, 2012; Ivars, Fernández, Llinares y Choy, 2018; van Es, 2011). Nevertheless, its development is difficult without a guide or a framework that can support pre-service teacher noticing (Levin, Hammer y Coffey, 2009). Moreover, among the three skills, deciding on how to respond is the most difficult one to develop for teachers and pre-service teachers (Stahnke, Schueler y Roesken-Winter, 2016).

A hypothetical learning trajectory is a construct that involves hypothesis about the path that students could follow to understand a mathematical concept, and the instructional experiences that could help them to progress in their understanding of this concept (Daro, Mosher y Corcoran, 2011). A hypothetical learning trajectory provides pre-service teachers with a language to describe students' mathematical thinking (Edgington, Wilson, Sztajn y Webb, 2016) and helps them to identify learning objectives, to anticipate and interpret students' mathematical thinking, and to respond with appropriate instruction (Sztajn, Confrey, Wilson y Edgington, 2012). In Ivars, Fernández and Llinares (2020), we have shown that using a learning trajectory of the meaning of fraction as part-whole provides pre-service teachers with a specific language about fractions that can describe the strategies used by the students and interpret students' understanding about the meaning of fraction as part-whole. In this study, we extend these results by analysing how a hypothetical learning trajectory of fraction meaning as part-whole helped pre-service teachers propose teaching activities and which kind of activities they proposed considering students' understanding.

In this study we asked 95 pre-service primary school teachers (PTs) to solve a task in which they had to propose a learning objective and activities to support the development of students' understanding of the meaning of fraction as part-whole using as a reference a hypothetical learning trajectory.

Results have shown that 88 out of the 95 PTs were able to propose a learning objective to help students progress in their understanding of the meaning of fraction as a part-whole. Moreover, 57 out of the 95 Pts provided, at least, with a suitable activity with the learning objective formulated. The type of activities proposed were linked to the different mathematical elements presented in the learning trajectory; *the parts into which the whole is partitioned must be of equal size but not necessarily of the same shape* and *a part can be divided into other parts*. These results suggest that the hypothetical learning trajectory helped pre-service teachers propose activities focused on students understanding using the mathematical elements that articulate the hypothetical learning trajectory.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 38-3 (2020), 125-142 https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2888
Investigaciones didácticas ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Trabajar la argumentación a través de un juego de rol: ¿debemos instalar el cementerio nuclear?

Learning argumentation through role-playing: should we install a nuclear deposit?

Beatriz Crujeiras-Pérez
Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, A Coruña, España
beatriz.crujeiras@usc.es

Naira Díaz-Moreno
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, Murcia, España
nc.diazmoreno@um.es

Carolina Martín-Gamez
Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, Málaga, España
cmartin@uma.es

Alicia Fernández-Oliveras
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, Granada, España
alilia@ugr.es

RESUMEN • En este artículo se analizan las operaciones argumentativas llevadas a cabo por profesorado en formación inicial durante un juego de rol sobre la posible instalación de un cementerio nuclear y se examinan los tipos de conocimiento que ponen en juego al construir sus argumentos en la búsqueda de una decisión final. Los participantes son estudiantes de los grados en Educación Infantil y Primaria de tres universidades españolas. La toma de datos incluye las grabaciones de la implementación del juego de rol. Los resultados apuntan a que los participantes son capaces de formular aseveraciones y de exponer sus razones a través de la justificación, pero muestran dificultades para utilizar otros elementos argumentativos. También se pone de manifiesto un mayor uso de conocimiento social y científico-tecnológico a la hora de buscar una decisión consensuada sobre la instalación del cementerio.

PALABRAS CLAVE: Argumentación; Toma de decisiones; Juego de rol; Controversias sociocientíficas; Formación del profesorado.

ABSTRACT • This paper analyses the argumentative operations performed by pre-service teachers during a role play about setting down a nuclear waste deposit. The types of knowledge used for constructing their arguments when they try to reach a final agreement are also studied. The participants are undergraduate students from the degree of Pre-school and Primary Teacher Training at three different Spanish universities. Data collection includes video recordings of the role play. The findings point to the students' ability to make statements and justify their arguments, although they find it difficult to use other argumentative elements in their speech. Moreover, social and scientific-technological knowledge are proved to be the most used types of knowledge in the participants' search of a consensual decision about setting down the nuclear deposit.

KEYWORDS: Argumentation; Decision-making; Role play; Socio-scientific issues; Teacher training.

Recepción: enero 2019 • Aceptación: enero 2020 • Publicación: noviembre 2020

Crujeiras-Pérez, B., Martín-Gamez, C., Díaz-Moreno, N. y Fernández-Oliveras, A. (2020). Trabajar la argumentación a través de un juego de rol: ¿debemos instalar el cementerio nuclear? *Enseñanza de las Ciencias, 38*(3), 125-142
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2888

INTRODUCCIÓN

Entre las principales competencias que debe desarrollar el alumnado universitario de los grados en Educación establecidas por el Espacio Europeo de Educación Superior, titulación en la que se enmarca esta investigación, se encuentran aquellas relacionadas con la interpretación crítica de la información y del mundo que les rodea. En particular, se hace alusión, por un lado, a la necesidad de garantizar que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética y, por otro, a que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado. Siendo, por tanto, fundamental trabajar la argumentación como herramienta para alcanzar el pensamiento crítico del alumnado frente a temáticas controvertidas socialmente relevantes, dotándoles de las habilidades necesarias para que sean capaces de trasladar estas competencias a su práctica docente.

En la actualidad, la enseñanza de las ciencias se enmarca en un contexto de aprendizaje competencial (MECD, 2014; OECD, 2017) en el cual la argumentación juega un papel fundamental. La argumentación forma parte de la competencia científica (OECD, 2017), en particular, de la competencia en interpretar datos y pruebas científicas, la cual implica que los estudiantes analicen y evalúen datos y argumentos en una variedad de representaciones, así como que saquen conclusiones adecuadas (MECD, 2016).

Además, la argumentación es una de las prácticas científicas necesarias para comprender cómo se construye, evalúa y comunica el conocimiento científico (NRC, 2012), ya que los científicos utilizan argumentos para relacionar las pruebas que seleccionan con las conclusiones a las que llegan a través de justificaciones y respaldos (Toulmin, 1958). Por ello, los documentos curriculares más recientes la incluyen como una de las prácticas que hay que promover en el aula. Para esto es necesario trabajar esta práctica de forma continuada en las aulas. Como señala Osborne (2012), una forma de promoverla es desarrollar situaciones de aprendizaje que permitan la interacción social entre los propios estudiantes y también entre ellos y el o la docente. Entre los recursos que generan tales situaciones de aprendizaje se encuentran las actividades de toma de decisiones grupales, es decir, aquellas que implican la elaboración de argumentos, debate, negociación y consenso para tomar una decisión (OECD, 2017).

En la actualidad existen numerosos estudios que examinan cómo el alumnado construye y evalúa el conocimiento científico a través de la argumentación (e. g. Blanco Anaya y Díaz de Bustamante, 2014; Bravo-Torija y Jiménez-Aleixandre, 2014), así como la calidad de los productos elaborados y evaluados (e. g. Evagorou y Osborne, 2013; Osborne, Erduran y Simon, 2004; Zohar y Nemet, 2002). Sin embargo, a pesar de los beneficios que las actividades de argumentación proporcionan para el aprendizaje, esta práctica científica todavía no se ha incorporado de forma habitual en las aulas (Evagorou y Osborne, 2013). Algunos estudios achacan tal ausencia a la falta de formación del profesorado (Archila, 2016) o a las dificultades que les supone implementar esta práctica (Driver, Newton y Osborne, 2000; Jiménez-Aleixandre, 2008; Martín-Gámez y Erduran, 2018). Coincidimos con Archila (2016) en considerar necesaria la formación del profesorado en la práctica de la argumentación. Uno de los interrogantes que plantea este autor es: ¿cómo fomentar la argumentación en la clase de ciencias? En este trabajo utilizamos un juego de rol en el que se plantea la instalación de un cementerio nuclear en la zona próxima al campus como recurso para promover la argumentación y la toma de decisiones entre el profesorado en formación inicial, a fin de familiarizarlos con las operaciones argumentativas que emergen en el juego de rol y facilitar que puedan trasladar esta práctica a sus futuras aulas. Cabe señalar que la temática del juego de rol es compleja, por lo que no se pretende que los futuros docentes trasladen la tarea a sus aulas, sino el enfoque argumentativo de esta.

Este trabajo se enmarca en un estudio más amplio, en el que se aborda el proceso de argumentación y toma de decisiones de maestros en formación inicial en una secuencia de actividades sobre gestión de residuos nucleares. En este artículo, las preguntas de investigación son las siguientes:

1. ¿Qué operaciones argumentativas llevan a cabo los futuros docentes durante el juego de rol sobre la instalación de un cementerio nuclear?
2. ¿Qué tipos de conocimiento se ponen en juego en los argumentos utilizados en la búsqueda de una decisión colectiva sobre la instalación de un cementerio nuclear?

MARCO TEÓRICO

El papel de la argumentación y la toma de decisiones en el aprendizaje de las ciencias

La argumentación se considera una de las prácticas necesarias para alcanzar la alfabetización científica (OECD, 2017). Esta implica ser capaz de negociar y tomar decisiones sobre cuestiones sociales complejas relacionadas con la ciencia (Baytelman y Constantinou, 2018). Tal y como se establece en el marco de análisis de la evaluación PISA del año 2015, la más reciente dirigida a evaluar la competencia científica, una persona alfabetizada científicamente necesita ser capaz de juzgar si una serie de pruebas son adecuadas o no, y si las conclusiones establecidas están justificadas, para lo cual necesita ser capaz de argumentar adecuadamente.

Aunque existen varias definiciones, en este artículo utilizamos la proporcionada por Erduran y Jiménez-Aleixandre (2007), quienes entienden la argumentación como un tipo de discurso a través del cual se construyen enunciados tanto de forma individual como colectiva y se evalúan en base a pruebas empíricas o teóricas.

Practicar la argumentación promueve oportunidades para confirmar y extender el conocimiento previo del alumnado, así como construir nuevo conocimiento a través de ideas de otros compañeros (Kaya, 2013). A medida que participan en la argumentación, los estudiantes construyen conocimiento científico a través de la justificación, la evaluación y el contraste de distintas perspectivas sobre cuestiones científicas y sociocientíficas (Jin et al., 2015).

Estudios recientes han mostrado que al alumnado le resulta difícil proporcionar pruebas relevantes, utilizar pruebas para justificar conclusiones y refutar contrargumentos (Bell, 2004; Berland y Reiser, 2009; McNeill, 2011). La refutación, es decir, la capacidad para rebatir un argumento o una conclusión proporcionada por otros estudiantes es uno de los elementos complicados en la argumentación (Cavagnetto, Hand y Norton-Meier, 2010). Además, presentan dificultades para modificar una conclusión, incluso cuando las pruebas disponibles la contradicen (Evagorou, Jiménez-Aleixandre y Osborne, 2012).

Todas estas operaciones asociadas a la práctica de la argumentación juegan un papel fundamental en los procesos de toma de decisiones, los cuales requieren la elaboración de argumentos basados en pruebas (Kifshe, 2012) y su evaluación crítica (Kolstø et al., 2006). Existe un consenso en la comunidad de didáctica de las ciencias sobre la necesidad de trabajar en las aulas las operaciones implicadas en los procesos de toma de decisiones (e. g. Aikenhead, 1985; Zeidler et al., 2005), ya que muchas de las cuestiones que deben abordar los ciudadanos hoy en día son complejas y requieren la evaluación de los pros y contras de distintas opciones (Acar, Turkmen y Roychoudhury, 2009).

De acuerdo con Ryu y Sandoval (2015), una decisión se identifica desde el momento en que alguien propone una opinión o cuestión, y termina en el momento en que el resto de los miembros de un grupo está de acuerdo o propone una alternativa. La literatura apunta que los estudiantes general-

mente tienden a tomar decisiones en base a sus experiencias personales (Albe, 2008) o a sus convicciones morales y/o éticas (Sadler, 2004), más que en base a conocimientos científicos.

Como señalan Osborne, Erduran, Simon y Monk (2001), que un estudiante cambie su forma de pensar sobre una cuestión es un indicador de calidad, pero solo es posible si se proporcionan oportunidades para el intercambio de opiniones a través de la discusión (Grace et al., 2015). En este estudio utilizamos como estrategia de intercambio de opiniones el juego de rol.

El juego de rol como recurso para aprender ciencias a través de la argumentación

El juego de rol consiste en la recreación de situaciones más o menos desestructuradas en las cuales los participantes improvisan sus comportamientos y conversaciones adaptándolas a los roles asignados (McKeachie, 1986). Como señalan McSharry y Jones (2000), cuando los estudiantes participan en un juego de rol tienen que ejercer un papel determinado y sus intervenciones deben ir en la perspectiva de dicho rol. Este tipo de tarea pretende algo más que el aprendizaje de hechos, ya que permite la creación de ambientes de aprendizaje efectivos a través de la comunicación, cooperación y argumentación (Cakici y Bayer, 2012), aumenta la motivación del alumnado (Ladrousse, 1989) y promueve el aprendizaje de destrezas de pensamiento de orden superior (Dorion, 2009), necesarias para alcanzar la alfabetización científica. Se trata, por tanto, de una tarea de gran valor para la formación docente, ya que es preciso «capacitar a los profesores en la planificación y puesta en marcha de actividades que promuevan en los alumnos el pensamiento de orden superior» y «que impliquen el análisis de situaciones desconocidas, la resolución de problemas complejos y la toma de decisiones informadas» (Furman, Luzuriaga, Taylor, Anauati y Podestá, 2018, p. 99).

Existen distintos tipos de juego de rol que se utilizan como recursos educativos, entre los que se encuentran los juegos de rol metafóricos, juegos de rol analógicos, simulaciones o teatro (McSharry y Jones, 2000). En este trabajo utilizamos el tipo simulación, que consiste en realizar debates organizados, reuniones o casos judiciales. Como señala Archila (2015), los debates proporcionan buenas oportunidades para promover la argumentación de los estudiantes a través de interacciones argumentativas. También mejoran su competencia en la toma de decisiones y sus destrezas de pensamiento crítico (Wesselink, Dekker-Groen, Biemans y Mulder, 2010). Además de favorecer un aprendizaje más efectivo (Byrne, Ideland, Malmber y Grace, 2014).

A pesar de los beneficios que presenta como recurso educativo, el juego de rol no se utiliza de forma habitual en las aulas para el aprendizaje de las ciencias. Aunque se emplee con frecuencia para trabajar cuestiones sobre educación ambiental (Matas, 2003), no es habitual el uso de este recurso para trabajar la toma de decisiones de forma argumentada, especialmente en la formación inicial de profesorado. Uno de los pocos estudios identificados en la literatura es el realizado por Drumond Vieira et al. (2015), quienes utilizaron una actividad de simulación de un juicio para evaluar la utilidad de un texto sobre la formación docente, obteniendo un impacto positivo en la mejora de las destrezas argumentativas del profesorado en formación. Otro ejemplo es el estudio de Cebrián-Robles, España-Ramos y Franco-Mariscal (2018), quienes diseñaron un juego de rol sobre la extensión de la vida de una central nuclear más allá del tiempo establecido, buscando trabajar el uso y evaluación de pruebas. Los resultados apuntan a una valoración positiva de la actividad como recurso de aprendizaje.

En el presente trabajo se diseña y pone en práctica un juego de rol sobre la posibilidad de instalar un cementerio nuclear en una zona próxima a donde estudian los participantes, a fin de analizar las operaciones argumentativas realizadas y los tipos de conocimiento utilizados en la búsqueda de una decisión consensuada.

METODOLOGÍA

Participantes y contexto

Los participantes en el estudio son 112 docentes en formación inicial que cursaban asignaturas del área de didáctica de las ciencias experimentales (DCCEE) durante el curso 2016-17 en tres universidades españolas, que llamaremos Universidades 1, 2 y 3 (UNV1, UNV2 y UNV3). Concretamente, participan 22 estudiantes de 2.º curso del grado en Educación Primaria de la UNV1, 65 estudiantes de 3.er curso del mismo grado de la UNV2 y 25 estudiantes de 4.º curso del grado en Educación Infantil de la UNV3. Para los estudiantes de las UNV1 y UNV3, dicha asignatura era la primera del área de DCCEE que cursaban en su grado, mientras que los estudiantes de la UNV2 ya habían cursado una asignatura de dicha área en el semestre anterior. En las tres universidades el alumnado participante proviene mayoritariamente del Bachillerato humanístico y de ciencias sociales, por lo que el conocimiento científico adquirido en su formación académica anterior se circunscribe a la Educación Secundaria Obligatoria. Cabe señalar que ninguno de los estudiantes había recibido formación explícita sobre argumentación antes de la participación en este estudio.

Diseño e implementación de la tarea

La tarea consiste en organizar y representar un juego de rol en el que se aborda la posibilidad de instalar un cementerio nuclear en la zona próxima al campus donde estudian los participantes. La representación del juego de rol consiste en la simulación de una reunión a la que asisten miembros de los colectivos involucrados en la situación planteada para exponer su posicionamiento a favor o en contra de la instalación del cementerio nuclear. Tales colectivos son: administración central o nacional (AC), administración local y de la universidad (AL), empresa gestora del cementerio nuclear (EM), equipo científico de la instalación (C), personas del vecindario y usuarias del campus (V) y asociaciones ecologistas (EC).

Teniendo en cuenta los colectivos implicados, se definen distintos roles que son asignados a los diferentes grupos de estudiantes, de entre cuatro y cinco miembros. Dado su rol, cada pequeño grupo recoge datos durante la semana previa a la representación del juego, para establecer, argumentar y defender su postura, así como para convencer a los que tengan una postura opuesta a la suya.

Cada grupo prepara su intervención por escrito, a modo de guion. A partir de los guiones preparados, se representa el juego de rol en el cual se deben defender y argumentar todas las posturas. En primer lugar, se hace una ronda en la que cada grupo dispone de unos minutos para defender su posicionamiento y, seguidamente, se abre un debate para tratar de llegar a acuerdos entre los distintos roles.

Herramientas de toma de datos y de análisis

La toma de datos incluye la grabación audiovisual de la representación del juego de rol a través de una cámara móvil y un micrófono (en cada juego), los cuales recogieron las intervenciones de cada pequeño grupo. A fin de describir e interpretar el material cualitativo recabado, se ha realizado un análisis sistemático del contenido (Schreirer, 2012), previa transcripción completa de las tres grabaciones realizadas de los juegos de rol en las tres universidades. Se empleó el programa informático Atlas.ti y un marco de codificación adecuado para cada pregunta de investigación.

Para la primera pregunta de investigación, se ha adaptado el marco propuesto por Ryu y Sandoval (2015). El sistema de análisis empleado para identificar las operaciones argumentativas llevadas a cabo en el juego de rol se muestra en la tabla 1. Teniendo en cuenta las intervenciones de los participantes,

en la categoría de justificación, se han sustituido las subcategorías «causa-efecto» y «uso de analogías» del marco mencionado, por «justificación usando conocimiento científico» y «justificación usando solo ejemplos», y se ha incorporado una nueva subcategoría contemplando la justificación usando otros criterios (económicos, de seguridad, laborales, etc.), que emergen de los datos recogidos. Empleando dicho marco se han identificado y contabilizado las operaciones argumentativas, distinguiendo los dos posicionamientos planteados en el juego de rol: a favor y en contra de la instalación del cementerio nuclear.

Tabla 1.
Marco de análisis de las operaciones argumentativas que llevan a cabo futuros docentes durante el juego de rol (adaptado de Ryu y Sandoval, 2015)

Dimensión	*Operación argumentativa*	*Descripción*
Afirmación (AF)	Afirmación (AFA)	Declarar un posicionamiento con una aseveración, sin fundamentarla
	Reafirmación (AFR)	Repetir una aseveración ante un desacuerdo, sin respaldarla con pruebas
Oposición (O)	Desacuerdo (OD)	Manifestar explícitamente la oposición a una propuesta o planteamiento
	Refutación (OR)	Rebatir argumentos revelando su debilidad o señalando sus limitaciones
	Aceptación de la refutación (OA)	Reconocer la debilidad o las limitaciones de los argumentos propios tras ser rebatidos
	Contrargumento (OC)	Contradecir un argumento con otro opuesto o alternativo
Justificación (J)	Solicitud de justificación (JS)	Requerir pruebas que respalden un planteamiento
	Justificación usando solo ejemplos (JE)	Apoyar un planteamiento únicamente en la comparación entre casos o situaciones similares
	Justificación usando conocimiento científico (JC)	Apoyar un argumento con conocimiento científico
	Justificación usando otros criterios (económicos, de seguridad, laborales, etc.) (JO)	Apoyar un argumento con apreciaciones de índole distinta a la científica
Acuerdo (A)	Confirmación (AC)	Repetir una aseveración para ratificarla
	Acuerdo explícito (AA)	Manifestar explícitamente la conformidad con una propuesta o planteamiento

Para la segunda pregunta de investigación, se ha empleado el marco de Christenson, Chang Rundgreen y Höglund (2012), que contempla cinco tipos de conocimiento como posibles respaldos en la elaboración de argumentos: científico-técnico, social, ambiental, moral-ético y económico. Este marco de análisis se describe en la tabla 2 y con él se ha identificado y contabilizado el número de veces que los participantes utilizan cada tipo de conocimiento para respaldar sus argumentos, distinguiendo los seis roles definidos en el juego.

Tabla 2.
Marco de análisis de los tipos de conocimiento empleados
por futuros docentes en el juego de rol (Christenson, Chang Rundgreen y Höglund, 2012)

Tipo de conocimiento	*Descripción*
Científico-técnico (CT)	Se proporcionan conceptos, leyes o teorías de la ciencia para apoyar sus argumentos
Social (S)	Los argumentos son respaldados con ideas, reglas o normas procedentes de la sociología o la cultura
Ambiental (A)	Son aportados conceptos, leyes o teorías de ecología o ciencias ambientales para apoyar sus argumentos
Moral y ético (ME)	Se justifican sus argumentos en ideas, reglas o normas procedentes de la ética o la moral
Económico (E)	Se proporcionan nociones, principios o modelos del área de la economía para apoyar sus argumentos

RESULTADOS

Operaciones argumentativas llevadas a cabo durante el juego de rol

Como se ha comentado, el análisis de las operaciones argumentativas se realiza en función del posicionamiento que adoptan los roles, a favor o en contra de la instalación del cementerio nuclear (tabla 3).

De manera general, los datos recogidos en la tabla 3, correspondientes a las cuatro dimensiones que conforman el marco de análisis, ponen de manifiesto que el número total de operaciones argumentativas realizadas por los futuros docentes es casi coincidente en dos de las tres universidades (UNV1 y UNV 2), con 109 y 108 operaciones respectivamente, mientras que disminuye ligeramente en el caso de la UNV3, donde se han identificado un total de 85 operaciones. No obstante, es necesario destacar que en las tres universidades del estudio son mayoritarias las operaciones argumentativas realizadas a favor de la instalación del cementerio nuclear (69, 80 y 66, respectivamente), frente a las que se realizan en contra (40, 28 y 19). Por otro lado, al desgranar los resultados obtenidos por dimensiones, destaca el infrecuente uso de operaciones relacionadas con el acuerdo, para ambos posicionamientos y en los tres contextos.

En las operaciones argumentativas realizadas a favor, se puede observar que las operaciones relacionadas con la justificación aparecen de manera mayoritaria en las tres universidades (51, 31, 27) y las operaciones relacionadas con la afirmación lo hacen también en los casos de las UNV2 y UNV3, con frecuencias de 33 y 24, respectivamente. Ello parece indicar que en estos dos contextos los participantes realizan argumentos algo más completos en las posturas a favor, al utilizar un mayor número de dimensiones.

Centrándose en las operaciones argumentativas realizadas en las posturas en contra, se observa que, de manera general y como se ha señalado, disminuye el número de operaciones frente a las realizadas a favor, siendo mayoritarias aquellas relacionadas con la justificación en una de las universidades (UNV1), mientras que para las otras dos son mayoritarias las operaciones que tienen que ver con oposición y afirmación.

De manera más pormenorizada y analizando los datos de los tres contextos estudiados por subcategorías, en la tabla 3 se muestra cómo una de las operaciones argumentativas que aparece con mayor frecuencia es la «justificación usando otros criterios», mayoritaria para los participantes de la UNV1. También es destacable la operación de «afirmación», utilizada en total en 70 ocasiones, siendo la predominante en las UNV2 y UNV3. En los tres contextos resalta la baja frecuencia de las operaciones de «aceptación de la refutación», igual a la frecuencia de las operaciones de «confirmación», subcategoría minoritaria dentro la categoría de acuerdo, ya señalada como la dimensión más infrecuente.

Cabe resaltar que ambas subcategorías junto con la «justificación usando conocimiento científico» son las que se utilizan mayoritariamente para defender las posturas «a favor», aunque esta última se usa en mayor medida en la UNV1 que en los otros dos contextos. Es decir, parece que los participantes de la UNV1 tienen más recursos para justificar utilizando criterios científicos que los participantes de las UNV2 y UNV3, a pesar de que su formación científica es similar. Por otro lado, para las posturas a favor, las subcategorías menos empleadas son la «aceptación de la refutación», la «solicitud de justificación» y la «confirmación», apareciendo las tres en una sola ocasión.

En relación a las operaciones utilizadas para sostener las posturas en contra, la tabla 3 muestra que la «afirmación», en las UNV2 y UNV3, y «solicitud de justificación», en la UNV1, son las operaciones argumentativas que aparecen de manera mayoritaria. También es destacable que, en las posturas en contra, en los tres contextos, se hace un uso mínimo de la «reafirmación» y el «acuerdo explícito», e inexistente de la «aceptación de la refutación» y la «confirmación».

Tipos de conocimiento puestos en juego en los argumentos utilizados para tomar una decisión colectiva sobre la instalación del cementerio nuclear

El análisis de los tipos de conocimiento utilizados se realiza a dos niveles: por universidad participante en primer lugar, y en segundo por rol adoptado. Los resultados se resumen en las tablas 5 y 6 respectivamente.

En la tabla 4 se han recogido los tipos de conocimientos que el profesorado en formación inicial ha puesto en juego durante los procesos argumentativos. Tal y como podemos comprobar, en general, el más utilizado es el conocimiento social, con argumentos respaldados por ideas, reglas o normas procedentes de la sociología o de la cultura, seguido del conocimiento científico-técnico. Concretamente, los datos ponen de manifiesto que en dos de las universidades participantes (UNV2 y UNV3) el conocimiento mayoritario es el social (frecuencias 45 y 31 respectivamente), mientras que, en el caso de la UNV1, el más utilizado es el científico-tecnológico, aunque seguido de cerca por el conocimiento social y el ambiental. Es también destacable que el conocimiento económico y el conocimiento moral-ético han sido los menos utilizados por los participantes de las tres universidades del estudio.

Con el objetivo de poder estudiar la relación que existe entre los distintos roles representados y el tipo de conocimiento utilizado en la argumentación hemos elaborado las tablas 6 y 7, que nos permitirán establecer si un rol concreto utiliza de manera mayoritaria un tipo determinado de conocimiento.

En relación con ello, los resultados totales para los tres contextos de estudio nos muestran cómo «empresa» ha sido el rol que ha movilizado mayor número de conocimientos (65), presentando además una variedad en su tipología. En el extremo contrario, con la menor frecuencia se posiciona el rol «administración local» (36). Tanto los roles «vecindario» como «ecologistas» presentan un número intermedio de conocimientos utilizados, pero ambos se centran en el conocimiento social, con escaso uso de conocimientos de tipos específicos (científico-tecnológico y medioambiental).

Tabla 3.
Frecuencias y ejemplos de las operaciones argumentativas identificadas en ambas posturas, a favor o en contra de la instalación del cementerio nuclear

Operación argumentativa		*Frecuencia*									*Ejemplo*
		UNV1 (N = 22)		*UNV2 (N = 65)*		*UNV3 (N = 25)*		*Total*			
		A favor	*En contra*	*A favor*	*En contra*	*A favor*	*En contra*	*A favor*	*En contra*	*Total*	
AF	AFA	4	2	24	9	21	10	49	21	70	«Esta es una buena forma de potenciar el crecimiento industrial de esta región»
	AFR	1	0	9	1	3	0	13	1	14	«Volvemos a señalar que hay seguridad frente a terremotos»
O	OD	0	9	1	0	1	3	2	12	14	«No estamos de acuerdo porque no buscamos beneficio o dinero»
	OR	5	3	8	6	2	2	15	11	26	«Eso no está demostrado»
	OA	0	0	1	0	0	0	1	0	1	«Se utiliza solo el 3 %, eso es verdad»
	OC	3	3	5	5	7	0	15	8	23	«No, porque se suelen instalar en minas abandonadas, no en un huerto»
J	JS	0	13	1	2	0	0	1	15	16	«¿Te parece bien que se meta bajo tierra un elemento todavía con el 97 % de radioactividad?»
	JE	0	0	5	2	5	1	10	3	13	«Como fue el terremoto que hubo en Japón en 2007»
	JC	16	6	10	1	7	0	33	7	40	«Permite reducir la cantidad de energía producida por los combustibles fósiles»
	JO	35	4	15	1	15	3	65	8	73	«Supone la generación de puestos de trabajo»
A	AC	0	0	1	0	0	0	1	0	1	«Sí que es cierto que falló»
	AA	5	0	0	1	5	0	10	1	11	«El acuerdo es que se va a construir»
Total		69	40	80	28	66	19				

Tabla 4.
Frecuencias totales de los tipos de conocimiento identificados y ejemplos para las tres universidades participantes

Tipo de conocimiento	AC	AL	EM	C	V	EC	N Total	Ejemplos
CT	17	8	21	8	6	13	*73*	«El funcionamiento de una planta nuclear a tales proximidades de entornos de habitación y concurrencia ciudadana pueden conjeturar un riesgo de perjuicio personal debido a la constante exposición de los mismos a flujos de residuos de repercusión cancerígena y radiactiva a modo de isotopos tóxicos tales como electrones [beta], Co-60, el yodo 131 y el cesio 137»
S	16	15	14	14	23	16	*98*	«si estos isotopos y esos residuos radiactivos afectan a la población y a su salud, esto podría desembocar en grandes enfermedades como epidemias y pandemias que se podrían transmitir de un sector de la población a otro»
A	6	2	19	7	9	6	*49*	«La energía nuclear es muy importante porque es la energía más limpia, no emite CO_2, no tiene combustión de residuos fósiles como en cambio el petróleo, el gas o el carbón que sí que los tiene, y estos residuos fósiles generan contaminaci*ón del aire y la famosa lluvia á*cida»
ME	1	3	4	2	2	6	*18*	«Por otra parte nos gustaría preguntarle al gobierno si el cementerio nuclear se va a poner cerca de vuestra casa o cerca de la casa de personas que no tienen recursos económicos»
E	7	8	7	6	6	5	*39*	«Va a haber 2,6 millones de euros anuales tanto para la universidad como para los habitantes que estén afectados»
Total	47	36	65	37	46	46		

En el análisis por universidades (tabla 5), podemos observar que para la UNV1 el rol «empresa» es el que ha puesto en juego un mayor número de conocimientos (34), seguido por «ecologistas» (20). Destaca que el grupo que desempeñó el rol «empresa» utilizó mayoritariamente conocimientos de los tipos científico-tecnológico y ambiental, aunque el número de conocimientos de tipo económico resultó menor (5), a pesar de ser relevante para el papel desempeñado. En los roles «administración central» y «administración local» destaca el conocimiento científico-tecnológico entre los más utilizados, y es minoritario el relacionado con cuestiones morales y éticas. Esto último es compartido por todos los grupos participantes. Por otro lado, los roles «vecindario» y «ecologistas» presentan una frecuencia parecida en los conocimientos utilizados pero su tipología cambia. Mientras que el «vecindario» se centra en el conocimiento de tipo ambiental, y no en el social como era de esperar, los «ecologistas» se caracterizan por un escaso uso del conocimiento medioambiental, a pesar de que su rol así lo requería. Algo similar ocurre con el «equipo científico», que presenta el menor número de conocimientos utilizados, con un escaso uso del conocimiento científico-tecnológico.

Tabla 5.
Frecuencias por roles de los tipos
de conocimientos identificados en las tres universidades participantes

Tipo de conocimiento	*Frecuencia*																	
	UNV1 (N = 22)						*UNV2 (N = 65)*						*UNV3 (N = 25)*					
	AC	*AL*	*EM*	*C*	*V*	*EC*	*AC*	*AL*	*EM*	*C*	*V*	*EC*	*AC*	*AL*	*EM*	*C*	*V*	*EC*
CT	6	5	14	2	5	6	7	1	2	2	1	3	4	2	5	4	0	4
S	1	6	3	2	3	7	11	6	7	4	11	6	4	3	4	8	9	3
A	3	0	10	1	7	2	3	1	6	3	2	2	0	1	3	3	0	2
ME	0	3	2	0	1	2	1	0	0	0	0	1	0	0	2	2	1	3
E	3	5	5	1	1	3	2	2	1	3	3	1	2	1	1	2	2	1
Total	13	19	34	6	17	20	24	10	16	12	17	13	10	7	15	19	12	13

Con respecto a la UNV2 los participantes que adoptaron el rol «administración central» son los que presentan un mayor uso de conocimientos (24), seguidos por «vecindario» (17) y «empresa» (16). Los resultados obtenidos para esta universidad presentan algunas similitudes con los de la UNV1, aunque es destacable cómo desciende para la mayoría de los roles el uso de conocimiento científico-tecnológico y se incrementa el conocimiento de tipo social, siendo además prácticamente inexistente aquel conocimiento derivado de cuestiones morales y éticas. Al igual que en la UNV1, el grupo que ha desempeñado el rol «empresa» prescinde del conocimiento económico para elaborar sus argumentos, centrándose en el conocimiento social y ambiental. Algo similar ocurre con los roles «equipo científico» y «ecologistas», para los que el número de conocimientos científico-tecnológicos y medioambientes utilizados es muy escaso. Sin embargo, el rol «vecindario» sí que se ajusta a lo esperado, centrándose en el conocimiento de tipo social.

En la UNV3, el grupo «equipo científico» se sitúa en primera posición con respecto a un número de conocimientos utilizados (19), seguido por «empresa» (15) y «ecologistas» (13). Sin embargo, a pesar de ser el rol que más conocimientos ha puesto en juego, el «equipo científico» ha utilizado mayoritariamente conocimientos de tipo social, y no científicos-tecnológicos, como cabría esperar. El rol «empresa» prescinde de los conocimientos económicos para defender su postura, igual que ocurriera en las UNV1 y UNV2, utilizando conocimientos de tipo científico-tecnológico y social. Se repiten además los resultados de la UNV2 para los roles «vecindario», que argumenta basándose en el conocimiento social, y «ecologistas», que de nuevo no recurre al conocimiento de tipo medioambiental para defender su postura.

En relación con la decisión colectiva, solo se llegó a un acuerdo final en una de las tres universidades participantes (UNV1), implicando el uso de conocimientos de los tipos científico-tecnológico y social, que forman parte de los más utilizados en dicho contexto. Los siguientes fragmentos resumen la decisión final:

Ecologistas: «El acuerdo es que sí se va a hacer, pero haciendo controles».

Administración local: «La administración tanto local como nacional se compromete a establecer unos acuerdos con la empresa con el fin de que emita informes de cómo está siendo todo el proceso […] nosotros estaremos atentos a todos estos informes y en caso de que sean negativos siempre velaremos por los ciudadanos e intentaremos parar esto si vosotros teníais la razón […] siempre pensando en las personas y en el bienestar»

CONCLUSIONES

A nivel general, los resultados de este trabajo señalan que los participantes de este estudio necesitan seguir trabajando en el desarrollo de las competencias relacionadas con la interpretación crítica de la información y del mundo que les rodea.

En relación con la primera pregunta de investigación, los futuros docentes muestran más facilidad para realizar operaciones argumentativas a favor de la instalación de un cementerio nuclear que en contra. A priori, esto podría resultar llamativo dado que la temática constituye una controversia sociocientífica que debiera ser conocida por los participantes, al menos, a través de los medios de comunicación que, generalmente, muestran argumentos esgrimidos en contra de la instalación de este tipo de cementerios y movilizaciones ciudadanas manifestando un posicionamiento de rechazo. Sin embargo, y dado este hecho, quizás para el diseño de actividades formativas sería necesario reflexionar en torno a cuáles son los medios de comunicación que consultan este tipo de estudiantes, o qué noticias son las que despiertan su interés, y por tanto, les lleva a realizar un seguimiento.

Por otro lado, los tipos de operaciones argumentativas realizadas por los futuros docentes no varían en función de las posturas defendidas, ya que son mayoritarias las relacionadas con la justificación y la afirmación, tanto en las posturas a favor como en contra de la instalación del cementerio nuclear. En ambos posicionamientos los participantes son capaces de formular aseveraciones y, sobre todo, de exponer sus razones a través de la justificación, pero muestran dificultades para utilizar otros elementos argumentativos que les permitan refutar argumentos de sus compañeros, así como enriquecer el debate y, en definitiva, llegar a un acuerdo. Esto coincide con lo señalado por Cavagnetto, Hand y Norton-Meier (2010), entre otros autores, al identificar la refutación como una de las operaciones argumentativas más complicadas para el alumnado.

En este sentido, los resultados apuntan a que los participantes del estudio no son capaces de reconocer la debilidad o las limitaciones de sus argumentos tras ser rebatidos. Esto se podría deber, bien a que disponen de un bajo conocimiento de lo que es y cómo se crea un buen argumento; bien que las refutaciones formuladas carecen de consistencia (en cuanto a su coherencia y convencimiento o al escaso uso de datos); o bien porque los participantes no son capaces de admitir las debilidades de sus argumentos. Además, los futuros docentes muestran grandes dificultades para llegar a un acuerdo, puesto que no utilizan los argumentos de los compañeros para mejorar los propios e ir acercando posturas.

Respecto a los tres contextos de análisis, los resultados ponen de manifiesto que solo en una de las universidades los estudiantes emplean de manera destacable la justificación utilizando conocimiento científico, lo que podría mostrar las carencias existentes en su formación básica, tanto de conocimiento y de la importancia que conceden a este, como de la capacidad de buscar y entender dicho conocimiento para poder incorporarlo a sus argumentos. También cabe destacar que solo en uno de los contextos se solicitan de forma notable justificaciones a las posturas enfrentadas, operación necesaria para llegar a acuerdos y tomar decisiones consensuadas.

En relación con la segunda pregunta de investigación, hemos encontrado más similitudes que diferencias en los tres contextos de análisis. En este sentido, el tipo de conocimiento empleado de forma mayoritaria es el social, siendo especialmente relevante en el caso del rol asociado al vecindario; seguido por el conocimiento científico-tecnológico, cuyo uso es destacable en el caso de la empresa, en consonancia con su posición a favor del cementerio nuclear, aunque el uso de este tipo de conocimiento no es siempre correcto desde el punto de vista científico. Llama la atención el escaso uso que ha hecho de este tipo conocimiento el rol del equipo científico, aunque este resultado está en línea con la pobre aportación de este rol a la representación. El conocimiento ambiental es utilizado en tercer lugar, aunque de forma muy escasa por parte del rol de ecologistas.

Los resultados concuerdan con lo recogido en la literatura en el sentido de que los futuros docentes toman decisiones en base a sus experiencias personales (Albe, 2008), más que en base a conocimientos científicos, pues estos aparecen escasamente en sus argumentos. Ello puede deberse a que no consideran que el conocimiento científico sea necesario en la toma de decisiones de la ciudadanía, delegando esta responsabilidad en colectivos expertos. Otra causa podría radicar en sus dificultades para utilizar convenientemente la información relacionada con aspectos científicos, a pesar de poder acceder a ella.

Es destacable que los futuros docentes no siempre hayan utilizado mayoritariamente el tipo de conocimiento coherente con el rol que se les ha asignado, lo que podría llevar a cuestionar la idoneidad del juego de rol para trabajar controversias sociocientíficas como plantea Simonneaux (2001), en cuyo estudio el alumnado de Educación Secundaria realizó mejores debates defendiendo ideas propias que participando en juegos de rol. Sin embargo, en este trabajo se plantea que este hecho puede deberse a los motivos anteriormente expuestos, relacionados con el hábito personal de los futuros docentes de Educación Infantil y Primaria a la hora de usar los distintos tipos de conocimiento considerados, dado que en el caso del rol asociado al vecindario sí se da esa coherencia. En este caso este rol usa mayoritariamente el conocimiento social, tipo de conocimiento probablemente más utilizado por los futuros docentes en su cotidianidad que el conocimiento científico.

Por otro lado, el hecho de que el conocimiento ético y moral sea el menos utilizado en la simulación de la reunión representada en el juego de rol es una cuestión que no está en la línea con los resultados obtenidos en otros trabajos, pues la literatura indica que el alumnado apela a este tipo de conocimiento de forma mayoritaria cuando discute cuestiones sociocientíficas (Evagorou, Jimenez-Aleixandre y Osborne, 2012; Zeidler y Nichols, 2009; Zeidler, 2014). Esto puede deberse a la falta de familiaridad de los participantes con este tipo de conocimiento, o también a la organización de la implementación, según la cual los participantes conocieron sus roles con anterioridad a la representación del juego y buscaron información para preparar sus intervenciones, lo cual les permitió dar mayor peso a los datos recabados que a sus convicciones de esa índole.

Limitaciones e implicaciones educativas

A lo largo de este estudio hemos intentado caracterizar las operaciones argumentativas y los tipos de conocimiento puestos en juego por futuros docentes al implementar el juego de rol. Si bien es cierto que hemos contado con tres grupos de estudio procedentes de diferentes universidades con contextos similares para estudiar sus semejanzas y diferencias, el estudio no refleja todas las posibles variables que pueden influir en los resultados obtenidos. No obstante, y a pesar de sus limitaciones, creemos que este estudio permite avanzar en el conocimiento de cómo los docentes en formación argumentan ante una cuestión controvertida, y qué tipo de conocimiento utilizan para ello.

En cuanto a las implicaciones educativas que emergen del estudio, cabe apuntar la necesidad de hacer un mayor hincapié en el uso de recursos como juegos de rol contextualizados en controversias sociocientíficas para trabajar de forma práctica el desarrollo de una alfabetización científica verdaderamente funcional en la formación inicial del profesorado, enfatizando la gestión de la información de índole científica y el desarrollo de prácticas científicas como la argumentación. En este sentido, es necesario diseñar tareas encaminadas a enseñar a los futuros docentes, en primer lugar, a argumentar y después a trabajar operaciones argumentativas, centrándose en aquellas más complicadas y menos utilizadas para el alumnado, como la refutación, y que impliquen el uso de conocimientos para apoyar posturas, a fin de tomar decisiones consensuadas.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades-Agencia Estatal de Investigación/Proyectos EDU2017-82915R y PGC2018-094114-A-I00, así como por los proyectos PPJI2018-06 y PID18-363 financiados por la Universidad de Granada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acar, O., Turkmen, L. y Roychoudhury, A. (2009). Student Difficulties in Socio-scientific Argumentation and Decision-making Research Findings: Crossing the borders of two research lines. *International Journal of Science Education*, 32(9), 1191-1206. https://doi.org/10.1080/09500690902991805

Aikenhead, G. S. (1985). Collective decision-making in the social context of science. *Science Education*, *69*(4), 453-475. https://doi.org/10.1002/sce.3730690403

Albe, V. (2008). Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science & Education*, 17, 805-827. https://doi.org/10.1007/s11191-007-9086-6

Archila, P. A. (2015). Using history and philosophy of science to promote students' argumentation. A teaching-learning sequence based on the discovery of oxygen. *Science & Education*, *24*(9), 1201-1226.

Archila, P. A. (2016). ¿Cómo formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación?: lo que sugieren avances actuales de investigación. *Profesorado: Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, *20*(3), 399-432.

Baytelman, A. y Constantinou, C. P. (2018). Investigating the relationship between content knowledge and the construction of ethical arguments on socioscientific issues. En O. E. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran y P. Childs (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Research, Practice and Collaboration in Science Education, Part 8: Scientific Literacy and Socio Scientific Issues* (co-ed. J. Alexis y M. Lindahl) (pp. 1031-1038). Dublín: Dublin City University.

Bell, P. (2004). Promoting students' argument construction and collaborative debate in the science classroom. En M. Linn, E. Davis y P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 115-143). New Jersey: Lawrence Erlbaum.

Berland, L. K. y Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, *93*(1), 26-55. https://doi.org/10.1002/sce.20286

Blanco Anaya, P. y Díaz de Bustamante, J. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las Ciencias*, *32*(2), 35-52. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1009

Bravo-Torija, B. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2014). Articulación del uso de pruebas y el modelo de flujo de energía en los ecosistemas en argumentos de alumnado de bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, *32*(3), 425-442. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1281

Byrne, J., Ideland, M., Malmberg, C. y Grace, M. (2014). Climate Change and Everyday Life: Repertoires children use to negotiate a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, *36*(9), 1491-1509. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.891159

Cavagnetto, A., Hand, B. M. y Norton-Meier, L. (2010). The nature of elementary student science discourse in the context of the science writing heuristic approach. *International Journal of Science Education*, *32*(4), 427-449. https://doi.org/10.1080/09500690802627277

Cakici, Y. y Bayir, E. (2012). Developing Children's Views of the Nature of Science Through Role Play. *International Journal of Science Education*, *34*(7), 1075-1091. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.647109

Cebrián-Robles, D., España-Ramos, E. y Franco-Mariscal, J. (2018). Diseño de un juego de rol sobre un problema socio-científico relacionado con las centrales nucleares para iniciar en el activismo y el uso de pruebas a maestros de primaria en formación inicial. En C. Martínez Losada y S. García Barros (Coords.), *28 encuentros de didáctica de las ciencias experimentales. Iluminando el cambio educativo* (pp. 1241-1246). A Coruña: Universidade da Coruña.

Christenson, N., Chang Rundgreen, S. N. y Höglund, H. O. (2012). Using the SEE-SEP Model to Analyze Upper Secondary Students' Use of Supporting Reasons in Arguing Socioscientific Issues. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 342-352. https://doi.org/10.1007/s10956-011-9328-x

Dorion, K. R. (2009). Science through drama: A multiple case exploration of the characteristics of drama activities used in secondary science lessons. *International Journal of Science Education*, *31*(16), 2247-2270. https://doi.org/10.1080/09500690802712699

Driver, R., Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, *84*, 287-312.

Drumond Vieira, R., da Rocha Bernardo, J. R., Evagorou, M. y Florentino de Melo, V. (2015). Argumentation in Science Teacher Education: The simulated jury as a resource for teaching and learning. *International Journal of Science Education*, *37*(7), 1113-1139. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1022623

Erduran, S. y Jimenez-Aleixandre, M. P. (2007). *Research in argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer.

Evagorou, M., Jiménez-Aleixandre, M. P. y Osborne, J. (2012). «Should We Kill the Grey Squirrels?». A Study Exploring Students' Justifications and Decision-Making, *International Journal of Science Education*, *34*(3), 401-428. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.619211

Evagorou, M. y Osborne, J. (2013). Exploring Young Students' Collaborative Argumentation Within a Socioscientific Issue. *Journal of Research in Science Teaching*, *50*(2), 209-237. https://doi.org/10.1002/tea.21076

Furman, M., Luzuriaga, M., Taylor, I., Anauati, M. V. y Podestá, M. E. (2018). Abriendo la" caja negra" del aula de ciencias: un estudio sobre la relación entre las prácticas de enseñanza sobre el cuerpo humano y las capacidades de pensamiento que se promueven en los alumnos de séptimo grado. *Enseñanza de las ciencias*, *36*(2), 81-103. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2519

Grace, M., Lee, Y. C., Asshoff, R. y Wallin, A. (2015). Student Decision-Making about a Globally Familiar Socioscientific Issue: The value of sharing and comparing views with international counterparts. *International Journal of Science Education*, *37*(11), 1855-1874. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1054000

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Designing argumentation learning environments. En S. Erduran y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 91-115). Dordrecht: Springer.

Jin, H., Mehl, C. E. y Lan, D. H. (2015). Developing an analytical framework for argumentation on energy consumption issues. *Journal of Research in Science Teaching*, *52*(8), 1132-1162. https://doi.org/10.1002/tea.21237

Kaya, E. (2013). Argumentation Practices in Classroom: Pre-service teachers' conceptual understanding of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, *35*(7), 1139-1158. https://doi.org/10.1080/09500693.2013.770935

Kifshe, R. (2012) Nature of Science and Decision Making. *International Journal of Science Education*, *34*(1), 67-100. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199856800.003.0013

Kolstø, S. D., Bungum, B., Arnesen, E., Isnes, A., Kristensen, T., Mathiassen, K., Mestad, I., Quale, A., Tonning, V. y Ulvik, M. (2006). Science students' critical examination of scientific information related to socioscientific issues. *Science Education*, 90, 632-655. https://doi.org/10.1002/sce.20133

Ladrousse, G. P. (1989). *Role play*. Oxford: Oxford University Press.

Matas, A. (2003). Los juegos de rol como recurso formativo. Una aplicación en educación ambiental. *Bordón. Revista de Pedagogía*, *55*(2), 281-291.

Martín-Gámez, C. y Erduran, S. (2018). Understanding argumentation about socioscientific issues on energy: a quantitative study with primary pre-service teachers in Spain. *Research in Science & Technological Education*, *36*(4), 463-483. https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1427568

McKeachie, W. J. (1986). *Teaching tips: A guidebook for the beginning college teacher*. Lexington, MA: DC. Heath & Co.

McNeill, K. L. (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation, and evidence, and their abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 793-823. https://doi.org/10.1002/tea.20430

McSharry, G. y Jones, S. (2000). Role-play in Science teaching and learning. *School Science Review*, 82, 73-82.

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD) (2014). *Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria*. Madrid: MECD. Obtenido de https://www.boe.es/boe/dias/2014/03/01/pdfs/BOE-A-2014-2222.pdf

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD) (2016). *PISA 2015. Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. Informe español*. Madrid: MECD. Obtenido de http://iaqse.caib.es/documentos/avaluacions/pisa/pisa_2015/pisa_2015_preliminar_espanya.pdf

National Research Council (NRC) (2012). *A framework for K12 Science Education: practices, crosscutting concepts and core ideas*. Washington DC: National Academy Press.

OECD (2017). *PISA 2015. Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, revised edition*. París: OECD Publishing.

Osborne, J. (2012). The role of argument: Learning how to learn in school science. En B. J. Fraser, K. Tobin y C. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 933-949). Dordrecht: Springer.

Osborne, J., Erduran, S., Simon, S. y Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*, *82*(301), 63-70.

Osborne, J., Erduran, S. y Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(10), 994-1020. https://doi.org/10.1002/tea.20035

Real Decreto 126/2104, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, BOE núm. 52, de 1 de marzo de 2014, pp. 19349-19420.

Ryu, S. y Sandoval, W. A. (2015). The influence of group dynamics on collabortive argumentation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *11*(2), 335-351. https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1338a

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 513-536. https://doi.org/10.1002/tea.20009

Schreirer, M. (2012). *Qualitative content analysis in practice*. Londres: Sage.

Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, *23*(9), 903-927. https://doi.org/10.1080/09500690010016076

Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Wesselink, R., Dekker-Groen, A. M., Biemans, H. J. A. y Mulder, M. (2010). Using an instrument to analyse competence-based study programmes: Experiences of teachers in Dutch vocational education and training. *Journal of Curriculum Studies*, *42*(6), 813-829. https://doi.org/10.1080/00220271003759249

Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific issues as a curriculum emphasis: Theory, research, and practice. En N. G. Lederman y S. K. Abel (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, volumen II (pp. 711-740). Routledge.

Zeidler, D. L. y Nichols, B. H. (2009). Socioscientific Issues: Theory and Practice. *Journal of Elementary Science Education*, *21*(2), 49-58. https://doi.org/10.1007/bf03173684

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L. y Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, *89*(3), 357-377. https://doi.org/10.1002/sce.20048

Zohar, A. y Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, *30*(1), 35-62. https://doi.org/10.1002/tea.10008

Learning argumentation through role-playing: should we install a nuclear deposit?

Beatriz Crujeiras-Pérez
Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, A Coruña, España
beatriz.crujeiras@usc.es

Carolina Martín-Gamez
Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, Málaga, España
cmartin@uma.es

Naira Díaz-Moreno
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, Murcia, España
nc.diazmoreno@um.es

Alicia Fernández-Oliveras
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, Granada, España
alilia@ugr.es

This paper analyses the argumentative operations performed by pre-service teachers during a role play about setting down a nuclear waste deposit in the facilities of the campus. The research questions are: 1) Which argumentative operations do pre-service teachers perform during the role play?, and 2) what types of knowledge do participants include in their arguments to reach an agreement on the installation of the nuclear waste deposit?

The participants are 112 undergraduate students from three Spanish universities in different years of Preschool and Primary Teacher Training degrees. The role play performance consists of simulating a meeting among the members of the different groups involved in the nuclear deposit issue. In this meeting the participants have to state their position in favour or against the nuclear waste deposit. The collectives involved are central or national administration (CA), local and university administration (AL), management company of the deposit (EM), scientists in charge of the installation (C), neighbours and campus users (V) and environmental associations (EC). The roles are associated to the collectives involved. They are predefined prior to the simulation and shared with students a week before the performance so that they can search for information and prepare their interventions. Each role is represented by a small group of pre-service teachers.

Data collection includes video recordings of the role play that collects small groups' interventions exposing their adopted role, defending their position and trying to reach agreements. The data collected are transcribed and examined through qualitative content analysis. For the analysis we use two coding frameworks, one for each research question, as well as the coding done with the ATLAS.Ti software.

For the analysis of argumentative operations carried out during the role play we adapt Ryu and Sandoval's (2015) framework that involves four dimensions and their corresponding subcategories: assertion, opposition, justification and agreement. As for the types of knowledge, we follow Christenson, Chang Rundgreen y Höglund's (2012) proposal that involves scientific and technological, environmental, moral/ethical and economical knowledge.

The results for the first research question show that the data are examined in terms of the positionings. The main findings suggest that the pre-service teachers are more likely to perform argumentative operations in favour than against the deposit. Furthermore, the type of argumentative operations does not vary in terms of their positions, since the most frequent ones are those related to justification and assertion in both positions. However, the participants show difficulties for using other argumentative operations such as those related to refutations and persuasion, as highlighted in other studies from literature. Regarding the three contexts of analysis, only participants from one university are able to develop scientific-based justifications.

For the second research question, pre-service teachers use mainly social and scientific-technological knowledge in their argumentative operations. However, there are differences according to the role performed, since social knowledge is more frequent in the role of neighbours' operations, whereas the scientific-technological one is used in the management company's utterances.

These findings suggest that the role play is a good resource for engaging students in socio-scientific argumentation and for applying interdisciplinary knowledge. However, there is still a need of training in pre-service teacher education, since they need to learn first how to argue and then how to perform argumentative operations, especially with those which are more complex and less used, such as refutation or persuasion so that they learn how to make informed decisions.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 38-3 (2020), 143-159
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2854
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Revisión sistemática de instrumentos de actitudes hacia la ciencia (2004-2016)

Systematic review of attitude toward science instruments (2004-2016)

Radu Bogdan Toma
Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Educación. Universidad de Burgos. Burgos, España.
rbtoma@ubu.es

RESUMEN • Se realiza una revisión sistemática de las propiedades psicométricas que poseen 15 instrumentos de actitudes hacia la ciencia publicados entre los años 2004 y 2016, identificados en las bases de datos *Web of Science Core Collection* y *Science Direct* siguiendo los criterios PRISMA. En conjunto, los resultados revelan que la calidad de la mayoría de los instrumentos actuales sigue siendo preocupante dada la ausencia casi generalizada de adopción de un marco teórico para el desarrollo de los ítems y debido a un deficiente e inadecuado análisis de sus propiedades psicométricas. Estos hallazgos cuestionan la validez y fiabilidad de los instrumentos analizados y ponen de manifiesto la necesidad de adoptar diseños metodológicos más rigurosos para el desarrollo de instrumentos de actitudes hacia la ciencia.

PALABRAS CLAVE: Actitudes hacia la ciencia; Desarrollo y validación; Instrumentos; Propiedades psicométricas; Revisión sistemática.

ABSTRACT • A systematic review of the psychometric properties of 15 attitudes towards science instruments published between 2004 and 2016, identified in the *Web of Science Core Collection* and *Science Direct* databases following the PRISMA criteria, is reported. Overall, the quality of most examined instruments continues to be worrying due to an almost generalized absence of adoption of a theoretical framework for item development and due to a scarce and inadequate analysis of their psychometric properties. These findings calls into question the validity and reliability of the tools examined and highlight the need to adopt more rigorous methodological designs for the development of attitude toward science measurement strategies.

KEYWORDS: Attitudes towards science; Development and validation; Tools; Psychometric properties; Systematic review.

Recepción: diciembre 2018 • Aceptación: junio 2019 • Publicación: noviembre 2020

Toma, R. B. (2020).Revisión sistemática de instrumentos de actitudes hacia la ciencia (2004-2016). *Enseñanza de las Ciencias, 38*(3), 143-159.
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2854

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, nuevos enfoques educativos para reducir el desinterés hacia la ciencia han cobrado un fuerte impulso y, actualmente, se están promoviendo en gran medida iniciativas enfocadas al fomento de los conocimientos y de las competencias científicas necesarias que permitan a los estudiantes una participación activa y responsable en la sociedad (EC, 2015). Así, uno de los principales objetivos es el desarrollo de actitudes favorables hacia la ciencia (Osborne, Simon y Collins, 2003), con propuestas como *Horizonte 2020*, promovida por la Comisión Europea, que subrayan la necesidad de hacer atractivas las ciencias para todos los jóvenes (EC, 2016). Por lo tanto, se están impulsando medidas educativas para aumentar la exposición de los estudiantes a cuestiones científicas, especialmente desde grados elementales del sistema educativo (NRC, 2011; EC, 2016), siendo numerosas las políticas educativas consistentes con estas recomendaciones (Bybee, 2013; NRC, 2012, 2013). Este énfasis en desarrollar prácticas educativas dirigidas a despertar el interés y el desarrollo de actitudes favorables hacia la ciencia ha sido acompañado por el desarrollo de nuevos instrumentos de autoinforme para la evaluación de estas reformas.

Dados los resultados reportados por Blalock, Lichtenstein, Owen, Pruski, Marshall y Toepperwein (2008) en relación con la falta de evidencias psicométricas de los instrumentos de actitudes hacia la ciencia publicados hasta el año 2005, resulta necesario evaluar si los instrumentos diseñados en los últimos años poseen propiedades psicométricas más robustas que los publicados con anterioridad. Aunque algunas investigaciones han abordado esta cuestión recientemente, aún no se ha realizado un análisis exhaustivo de las propiedades psicométricas de los instrumentos desarrollados y publicados después de la revisión de Blalock et al. (2008). Por ejemplo, Aydeniz y Kotowski (2014) informaron sobre algunas limitaciones conceptuales de apenas cinco instrumentos de los comúnmente utilizados para medir las actitudes hacia la ciencia y Potvin y Hasni (2014) proporcionaron información descriptiva sobre algunos de los instrumentos sin examinar la calidad de estos sobre la base de las propiedades psicométricas.

Por esta razón, el propósito de este estudio consiste en actualizar el trabajo de Blalock et al. (2008) identificando y analizando los instrumentos de actitudes hacia la ciencia publicados en los últimos años para determinar en qué medida los nuevos esfuerzos que se están promoviendo para la mejora de la educación científica están siendo complementados con el desarrollo de instrumentos de autoinforme válidos y fiables.

MÉTODO

En la realización de este trabajo se ha seguido el procedimiento descrito por Bennett, Lubben, Hogarth y Campbell (2005) para la realización de revisiones sistemáticas y, la declaración PRISMA (Liberati et al., 2009) para el reporte transparente de los resultados derivados de revisiones sistemáticas.

Las revisiones sistemáticas difieren de las narrativas en que son menos propensas a sesgos de investigación, por lo que se introduce una mayor objetividad al explicar rigurosa y explícitamente el proceso de selección de los estudios y el método utilizado para su revisión y evaluación. Por lo tanto, las revisiones sistemáticas «(...) incluyen una fase de codificación más detallada en la que se identifican las características clave de los estudios con el fin de proporcionar una visión general del trabajo en el área bajo consideración» (ibíd., p. 390 [traducción propia]). Por este motivo, las revisiones sistemáticas tienden a ser más transparentes y reproducibles que las revisiones tradicionales. En consecuencia, a continuación, se detallan las principales fases de este estudio de acuerdo con el procedimiento introducido por Bennett et al. (2005).

Criterio de elegibilidad

Debido a la multiplicidad de definiciones existentes en la literatura relacionada con las actitudes hacia la ciencia, es necesario proveer primero una definición operativa del constructo objeto de estudio. Si bien en el contexto español existen autores españoles muy prolíficos en esta línea de investigación, como por ejemplo Vázquez y Manassero (1995), que han propuesto una taxonomía de las actitudes hacia la ciencia, este estudio pretende ser un *continuum* del de Blalock et al. (2008), por lo que se ha adoptado la misma conceptualización de actitudes hacia la ciencia que estos autores que, además, se encuentra en consonancia con la empleada en contextos iberoamericanos. Así, siguiendo a Gardner (1975), se define las actitudes hacia la ciencia como las respuestas emocionales hacia lo científico, es decir, hacia la ciencia en general y hacia las disciplinas, carreras o asignaturas científicas en particular. Por tanto, se ha establecido que serán elegibles aquellos estudios cuya conceptualización de las actitudes hacia la ciencia sea coherente con esta definición. Respuestas emocionales como interés –«Espero con ganas las clases de ciencias» (Wang y Berlin, 2010, p. 2423 [traducción propia])–, apreciación –«La ciencia puede ayudar a hacer del mundo un lugar mejor» (Navarro et al., 2015, p. 1465)– o disfrute –«Creo que aprender ciencias es divertido» (Zhang y Campbell, p. 601 [traducción propia])– son ejemplos que reflejan actitudes hacia la ciencia.

Búsqueda bibliográfica

Se identificaron artículos potencialmente relevantes para el objetivo de este estudio en las bases de datos *Web of Science Core Collection* y *Science Direct*, empleando una estrategia de búsqueda consistente con el criterio de elegibilidad. En la base de datos de *Web of Science Core Collection* se utilizó una combinación de los términos «actitud* hacia la* ciencia*» como palabras clave en los títulos e «instrumento* OR escala* OR medida*» como palabras clave en el tema, tanto en castellano como en inglés;[1] se restringió la búsqueda por categoría de investigación (educación e investigación educativa), tipo de documento (artículos), idioma (inglés y español) y año de publicación (2004-2016). En la base de datos *Science Direct*, estos términos se emplearon como palabras clave en todos los campos y se restringió la búsqueda por categoría de investigación (ciencias sociales), tipo de documento (artículos) y año de publicación (2004-2016). Debido a que el instrumento más reciente revisado por Blalock et al. (2008) databa del año 2003, se estableció el año 2004 como año inicial y, dado que la búsqueda en las bases de datos mencionadas se realizó durante la primera semana de agosto de 2017, se estableció el año 2016 como el último año de publicación de artículos.

Tras seleccionar los artículos relevantes de las bases de datos, se utilizó un enfoque de ascendencia, que consiste en examinar la lista de referencias de los artículos seleccionados en busca de artículos potencialmente relevantes que no han sido identificados empleando la estrategia de búsqueda descrita anteriormente.

Criterios de inclusión y exclusión

Se formularon los siguientes criterios de inclusión y exclusión, atendiendo al criterio de elegibilidad en este estudio: (i) estudios de desarrollo y validación de instrumentos, (ii) centrados en el constructo de actitudes hacia la ciencia, (iii) que emplean la teoría clásica de test (*Classical Test Theory*) para la validación del instrumento, y (iv) cuyos instrumentos sean de naturaleza cuantitativa. Se excluyeron los estudios que emplean instrumentos de actitudes hacia la ciencia y que, sin embargo, no están específicamente enfo-

1. En inglés, se han empleado los siguientes términos: «attitude* to* science*» e «instrument* OR scale* OR measure*».

cados en su desarrollo y validación, los que no cumplen con el criterio de elegibilidad en el que se define el constructo de actitud hacia la ciencia adoptado en este estudio, los que no utilizan la teoría clásica de pruebas para la validación del instrumento (es decir, los que utilizan el análisis Rasch) y los que emplean métodos cualitativos de recopilación de datos (por ejemplo, entrevistas o dibujos de los estudiantes).

Rúbrica de evaluación

Se empleó la rúbrica desarrollada por Blalock et al. (2008) para evaluar las propiedades psicométricas de los instrumentos incluidos en este estudio, lo que podría permitir la comparación entre los instrumentos incluidos en este trabajo y los analizados en el estudio de Blalock et al. (2008). No obstante, han sido necesarias ligeras adaptaciones. La rúbrica original constaba de cinco secciones: (i) marco teórico, (ii) fiabilidad, (iii) validez, (iv) dimensionalidad y (v) uso, con una evaluación total posible de 28 puntos. La última sección pretendía evaluar hasta qué punto los instrumentos desarrollados habían sido empleados en estudios posteriores al de su desarrollo y validación. Sin embargo, una revisión inicial de los artículos incluidos en este trabajo reveló que aproximadamente la mitad de ellos fueron publicados entre los años 2014 y 2016. Por lo tanto, esta sección de la rúbrica fue descartada en este estudio para asegurar una igualdad de condiciones y no perjudicar los instrumentos publicados en años posteriores, que cuentan con menos probabilidad de haber sido utilizados en otros estudios. Este cambio redujo la puntuación total posible de 28 a 27 puntos (tabla 1).

Tabla 1.
Rúbrica de evaluación

Aspecto	*Puntuación*			
Marco teórico (0-3)				
Antecedentes teóricos para el desarrollo del instrumento	0 (No)	3 (Sí)		
Fiabilidad (0-9)				
Consistencia interna	0 (no reportado o $\alpha < 0,60$)	1 ($\alpha = 0,61$-$0,70$)	2 ($\alpha = 0,71$-$0,80$)	3 ($\alpha > 0,80$)
Test-retest	0 (no reportado o $r < 0,60$)	1 ($r = 0,61$-$0,70$)	2 ($r = 0,71$-$0,80$)	3 ($r > 0,80$)
Error estándar de medición	0 (No)	3 (Sí)		
Validez (0-9)				
Contenido, constructo, convergente, concurrente, discriminante, discriminativa, predictiva	0 (no reportado)	3 (1-2 evidencias)	6 (3-4 evidencias)	9 (>4 evidencias)
Dimensionalidad (0-6)				
En instrumentos unidimensionales, se ha empleado la puntuación global. En instrumentos multidimensionales, se ha empleado la puntuación de cada dimensión.	0 (No)	3 (Sí)		
En instrumentos sometidos a análisis factorial, ¿las subescalas reflejan los factores adecuados?	0 (No)	3 (Sí)		
	Puntuación total 0-27			

Adicionalmente, dados los avances en las definiciones y tipos de propiedades psicométricas surgidos desde el desarrollo de la rúbrica hace ya más de una década, especialmente en relación con las pruebas de validez de los instrumentos, se ha empleado la taxonomía de Polit (2015) y Polit y Yang (2016) para actualizar la terminología referente a la validez de los instrumentos, sustituyéndose tres términos empleados por Blalock et al. (2008) por los propios de la taxonomía revisada y añadiéndose dos criterios de validez adicionales no contemplados en la rúbrica original. Estos cambios, así como la explicación de cada prueba de fiabilidad y validez, se recogen en la tabla 2.

Tabla 2.
Taxonomía revisada y explicación de cada propiedad psicométrica

Blalock et al. (2008)	*Taxonomía revisada*[a]	*Explicación*[a]
Fiabilidad		
Consistencia interna	Consistencia interna	Refiere al grado en que los ítems miden el mismo constructo y si los ítems seleccionados están interrelacionados entre sí, utilizando α de Cronbach
Test-retest	Test-retest	Evalúa la estabilidad y reproducibilidad de los resultados, partiendo del supuesto de que el rasgo objeto de estudio no ha cambiado en los sujetos
Error estándar de medición	Error estándar de medición	Examina en qué medida los resultados del instrumento están libres de error de medición.
Validez		
Contenido	Contenido	Refiere a la idoneidad y relevancia de los ítems para representar la naturaleza y dimensionalidad del constructo objeto de estudio.
Congruente	Concurrente	Comprueba si los resultados son coherentes en comparación con otro instrumento de referencia que mide el mismo constructo.
Discriminante	Discriminante	Prueba las hipótesis de que el instrumento mide el constructo objeto de estudio y no un constructo diferente al previsto.
Grupos de contraste	Discriminativa	Examina el grado en que el instrumento discrimina entre grupos que teoréticamente difieren con respecto al constructo objeto de estudio.
Análisis factorial	Constructo	Valora si el instrumento capta la dimensionalidad hipotética del constructo objeto de estudio, utilizando análisis factorial.
	Convergente	Evalúa la correlación entre las puntuaciones del constructo objeto de estudio y las de un constructo de convergencia conceptual.
	Predictiva	Comprueba si el instrumento predice aquellos constructos que teoréticamente debería predecir.

[a]La taxonomía revisada y su explicación se basa en la taxonomía propuesta por Polit (2015) y Polit y Yang (2016).

Fiabilidad en el análisis de los instrumentos

Para asegurar que cada instrumento fuera evaluado de manera correcta y consistente, se efectuó una medición formal de la fiabilidad intraevaluador en la aplicación de la rúbrica. El autor de este estudio aplicó dos veces la rúbrica de evaluación a cada instrumento con un período de diferencia de 6-8 semanas entre la primera y la segunda aplicación de la rúbrica y calculó la correlación entre los dos conjuntos de datos para examinar si existen discrepancias entre las dos aplicaciones.

El índice de correlación de Pearson reportó una relación significativa ($p < 0{,}001$) entre los dos conjuntos de evaluaciones de cada sección de la rúbrica. Los datos de la primera y segunda aplicación de la rúbrica estuvieron perfectamente correlacionados ($r = 1$) en las secciones «Marco teórico», «Test re-test», «Error estándar de medición» y «Dimensionalidad» y, fuertemente correlacionados en las sec-

ciones «Consistencia interna» (r = 0,98) y «Validez» (r = 0,93). Los instrumentos en los que no se ha identificado una correlación perfecta entre la primera y la segunda evaluación fueron examinados por tercera vez para resolver las discrepancias existentes. Las discrepancias encontradas consistieron en asignar una consistencia interna ligeramente mayor a una dimensión de un instrumento y en no identificar una validez de contenido en un instrumento. Cabe destacar que estas discrepancias no afectaron a la puntuación total asignada a los instrumentos, por lo que los resultados de este estudio poseen un alto nivel de fiabilidad.

RESULTADOS

Identificación y selección de estudios

En la figura 1 se recoge el proceso de identificación y selección de los estudios atendiendo a los criterios PRISMA. En la primera fase, llamada *identificación*, 104 y 54 referencias fueron recuperadas de las bases de datos *Web of Science* y *Science Direct*, respectivamente. En la segunda fase, denominada *cribado*, se aplicaron los filtros de búsqueda, reteniéndose un total de 65 artículos. En la tercera fase, *elegibilidad*, se excluyeron un total de 54 artículos tras la lectura completa de estos y la aplicación de los criterios de inclusión. Finalmente, 14 artículos fueron retenidos para su análisis en profundidad en la fase de *inclusión*, once de los cuales fueron derivados de las bases de datos consultadas y tres mediante el enfoque de ascendencia.

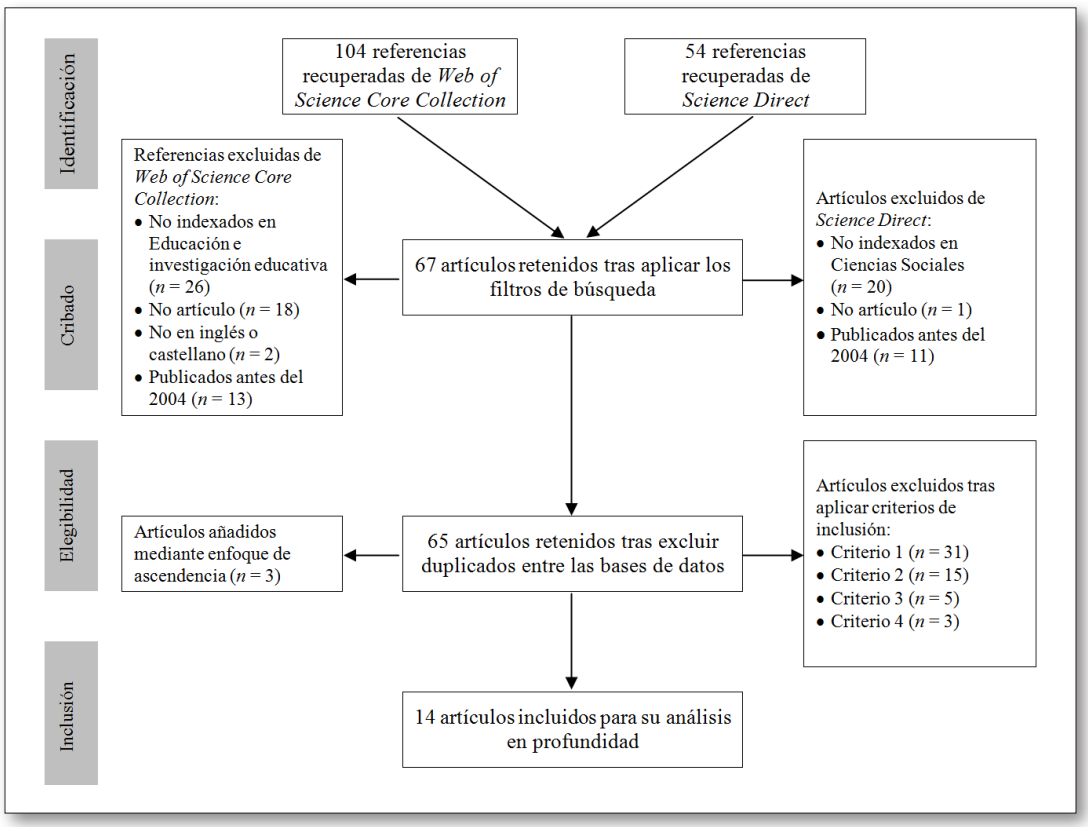


Fig. 1. Identificación y selección de estudios según PRISMA

Descripción general de los instrumentos

La tabla 3 recoge la síntesis y evaluación de los instrumentos incluidos en este estudio. Los 14 artículos seleccionados ofrecen información sobre el desarrollo y la validación de un total de 15 instrumentos. Cinco de estos instrumentos fueron validados empleando muestras de la etapa primaria (hasta 10-11 años, 5.º curso EPO), diez de la etapa media (hasta 13-14 años, 6.º EPO - 2.º ESO), tres en la etapa de secundaria (hasta 17-18 años, 3.º ESO - 2.º Bachillerato), dos para estudiantes universitarios y uno para profesorado.[2] Un total de 12 instrumentos fueron desarrollados con muestras de habla inglesa. De los restantes, el instrumento de Abd-El-Khalick, Summers, Said, Wang y Culbertson (2015) fue validado con muestras de habla árabe e inglesa y el de Navarro, Förster, González y González-Pose (2016) con muestras de habla española. No se pudo identificar el idioma objeto de estudio del instrumento desarrollado con estudiantes taiwaneses por Wang y Berlin (2010) pues los autores no indicaron en qué idioma fue administrado.

En relación con la estructura de los instrumentos, tan solo Wang y Berlin (2010) desarrollaron uno de naturaleza unidimensional, siendo los restantes multidimensionales. Por otro lado, 12 instrumentos emplearon ítems de tipo Likert con un formato de 5 opciones de respuesta, uno utilizó ítems de diferencial semántico y otro una combinación de ambos tipos. La longitud de los instrumentos varió considerablemente, siendo el más corto el desarrollado por Kennedy, Quinn y Taylor (2016), compuesto por apenas diez ítems y, el más largo la adaptación al español del TOSRA de Fraser (1981), realizada por Navarro et al. (2016), que consta de un total de 70 ítems.

Cabe destacar que algunos instrumentos ampliamente utilizados en el contexto español han sido descartados atendiendo al primer criterio de inclusión. Así, por ejemplo, los instrumentos PANA (de Pro y Pérez, 2014) y el ROSE, empleado principalmente por Vázquez y Manassero (2009a), Fernández-Cézar, Pinto-Solano y Muñoz-Hernández (2018) y Marbá-Tallada y Márquez (2010), son empleados en estudios cuyo objetivo principal no es el desarrollo y la validación del propio instrumento. Por otro lado, aunque Vázquez y Manassero (2008, 2009*b*) han analizado la estructura factorial del instrumento ROSE, estos artículos tampoco están enfocados a la validación de este instrumento.

Tabla 3.
Resumen y evaluación de los instrumentos analizados

Autores	*Muestra*[a]	*Ítems*	*Tipo de ítems*	*Marco teórico (0-3)*	*Fiabilidad (0-9)*[b]	*Validez (0-9)*	*Dimensionalidad (0-6)*	*Puntuación total (0-27)*
Abd-El-Khalick, Summers, Said, Wang y Culbertson (2015)	A B C	32	Likert	Sí (3)	,61-,87[c] (1)	Contenido Constructo (3)	Sí (3) Sí (3)	13
Dijkstra y Goedhart (2012)	B	38	Likert	No (0)	α = ,71-,87 (2)	Contenido Constructo Convergente Discriminativa (6)	Sí (3) Sí (3)	14

2. Algunos instrumentos son aptos para varias etapas educativas, tal y como se indica en la tabla 3.

Autores	*Muestra*[a]	*Ítems*	*Tipo de ítems*	*Marco teórico (0-3)*	*Fiabilidad (0-9)*[b]	*Validez (0-9)*	*Dimensionalidad (0-6)*	*Puntuación total (0-27)*
Guzey, Harwell y Moore (2014)	A	28	Likert	No (0)	α = ,77-,87 (2)	Contenido Constructo Discriminativa (6)	Sí (3) Sí (3)	14
Hillman, Zeeman, Tilburg y List (2016)	A B C	40	Likert	No (0)	α = ,43-,91 (0)	Contenido (3)	-	3
Kennedy, Quinn y Taylor (2016)	B	10	Likert Diferencial semántico	No (0)	α = ,82-,98 (3)	Contenido Constructo (3)	Sí (3) Sí (3)	12
Kind, Jones y Barmby (2007)	B	45	Likert	No (0)	α = ,72-,94 (2)	Constructo Convergente (3)	Sí (3) Sí (3)	11
Mahoney (2010)	C	23	Likert	No (0)	α = ,76-,96 (2)	Contenido Discriminativa (3)	-	5
Navarro, Förster, González y González-Pose (2016)s	B	70	Likert	Sí (3)	α = ,63-,91 (1)	Constructo Convergente Discriminante (6)	Sí (3) Sí (3)	16
Owen et al. (2008)	B	22	Likert	No (0)	α = ,75-,78 (2)	Constructo Discriminativa (3)	Sí (3) Sí (3)	11
Puvirajah, Verma, Li y Martin-Hansen (2015)	B	22	Likert	No (0)	α = ,83-,90 (3)	Constructo (3)	Sí (3) Sí (3)	12
Tyler-Wood, Knezek y Christensen (2010)	B	12	Likert	No (0)	α = ,78-,94 (2)	Contenido Constructo Convergente (6)	Sí (3) Sí (3)	14
Tyler-Wood, Knezek y Christensen (2010)	B D E	25	Diferencial semántico	No (0)	α = ,84-,93 (3)	Contenido Constructo Discriminativa (6)	Sí (3) Sí (3)	15
Villafañe y Lewis (2016)	D	24	Likert	Sí (3)	α = ,77-,87 (2)	Constructo Discriminativa Predictiva (6)	Sí (3) Sí (3)	17
Wang y Berlin (2010)	A	30	Likert	No (0)	α = ,93 (3)	Contenido Constructo (3)	Sí (3) No (0)	9
Zhang y Campbell (2011)	A	28	Likert	Sí (3)	α = ,65-,88 (1)	Constructo Convergente (3)	Sí (3) Sí (3)	13

[a]Los cursos equivalentes a España son: A (hasta 5.º EPO); B (6.º EPO hasta 2.º ESO); C (3.º ESO hasta 2.º Bachillerato); D (universitarios); E (profesorado). [b]La puntuación ha sido otorgada atendiendo al valor más bajo de fiabilidad. [c]Los autores han empleado estadísticos de fiabilidad a partir de análisis factorial confirmatorio en lugar de α de Cronbach.

Calidad psicométrica de los instrumentos

En conjunto, la puntuación final de los instrumentos osciló entre 3 y 17 puntos (figura 2). Más de la mitad de los instrumentos (9 de 15, 60 %) obtuvieron una puntuación inferior a la mitad de la puntuación total de la rúbrica. El instrumento desarrollado por Villafañe y Lewis (2016) obtuvo la puntuación más alta (17 de un total de 27 puntos posibles) y el instrumento de Hillman et al. (2016) fue el que obtuvo menor puntuación, con apenas 3 de los potenciales 27 puntos.

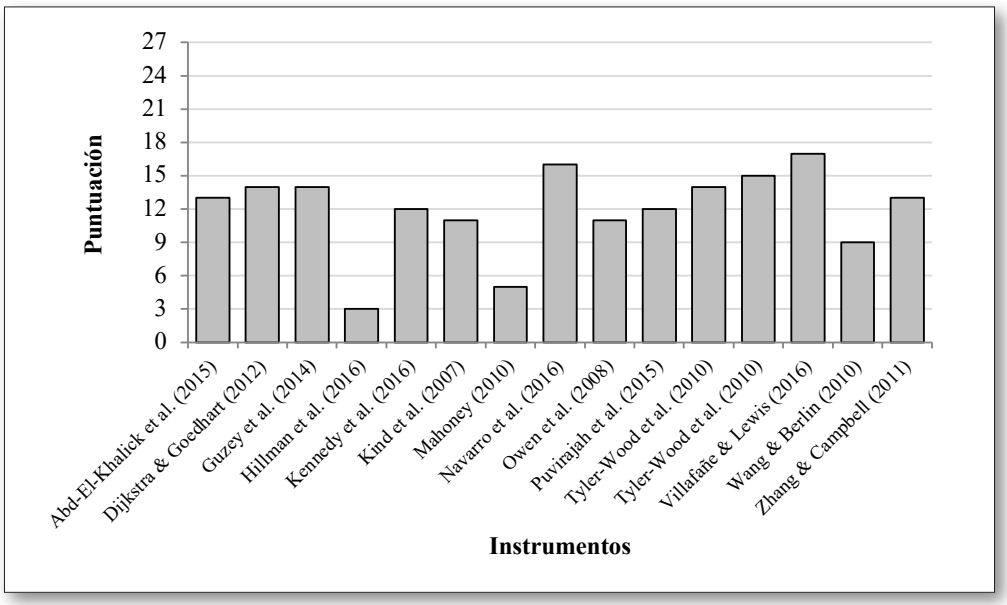


Fig. 2. Puntuación total de los instrumentos analizados.

Atendiendo a los resultados según las secciones de la rúbrica empleada, se observó que 11 de los 15 instrumentos analizados fueron desarrollados sin un marco teórico de actitudes hacia la ciencia (tabla 3). De los estudios que sí habían empleado un marco teórico, Abd-El-Khalick et al. (2015) desarrolló un instrumento basado en la Teoría de la Conducta Planeada de Ajzen (1991); Navarro et al. (2016) y Villafañe y Lewis (2016) emplearon la clasificación de actitudes planteada por Klopfer (1971) y posteriormente popularizada por Fraser (1981) y su instrumento TOSRA; finalmente, Zhang y Campbell (2011) emplearon la conceptualización tripartita según la cual las actitudes se clasifican en componentes afectivos, cognitivos y conductuales (Breckler, 1984; Eagly y Chaiken, 1998).

En relación con la fiabilidad de los instrumentos, ningún estudio reportó evidencias psicométricas de fiabilidad temporal (test-retest) ni información acerca del error estándar de medición de los instrumentos desarrollados. Todos los estudios menos el de Abd-El-Khalick et al. (2015), que empleó índices de fiabilidad a partir de análisis factorial confirmatorio, reportaron el índice de α de Cronbach como única evidencia de fiabilidad. No obstante, en la figura 3 se observa que cuatro instrumentos poseen una consistencia interna inferior a la mínima aceptada para estudios exploratorios, según Nunnally (1978), y menos de una cuarta parte de los instrumentos poseen niveles de fiabilidad robustos.

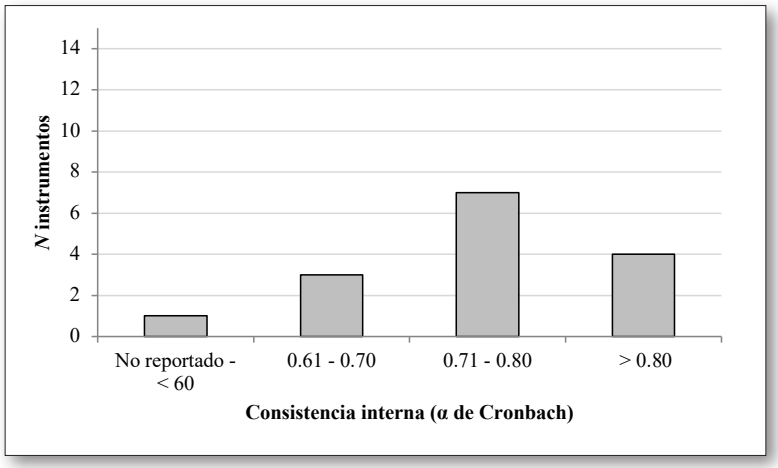


Fig. 3. Consistencia interna de los instrumentos analizados.

En cuanto a la validez de los instrumentos, más de la mitad (9 de 15, 60 %) apenas reportaron una o dos evidencias psicométricas y los seis instrumentos restantes analizados proporcionaron tres o cuatro evidencias de validez. Cabe destacar que ningún instrumento fue sometido a más de cuatro pruebas de validez psicométrica.

De las posibles pruebas psicométricas disponibles para analizar la validez de un instrumento, la validez de constructo fue la más empleada, seguida por la validez de contenido (figura 4). Ningún instrumento fue sometido a pruebas psicométricas de validez concurrente y apenas un instrumento proporcionó información sobre la validez discriminante y predictiva.

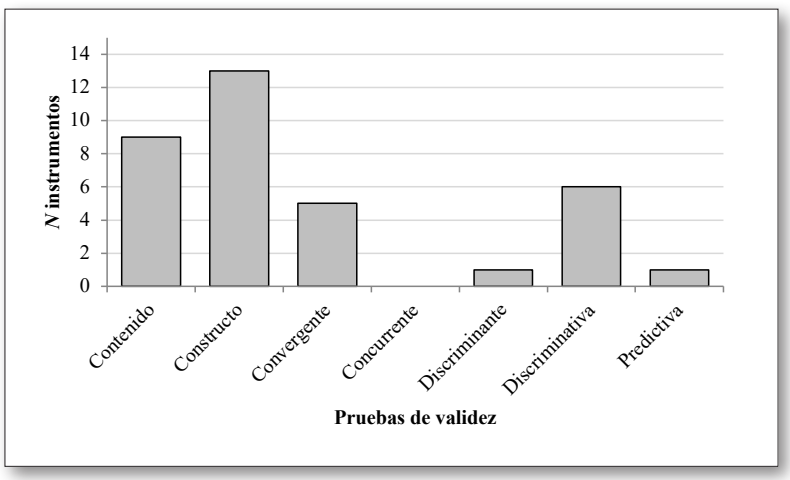


Fig. 4. Frecuencia de pruebas de validez reportadas en los instrumentos analizados.

DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión indican que las críticas realizadas por Blalock et al. (2008) hace más de una década siguen estando vigentes para los estudios actuales enfocados al desarrollo y a la validación de instrumentos de actitudes hacia la ciencia. Además, lo que resulta aún más preocupante es descubrir que las deficiencias en los instrumentos analizados por Munby (1983) hace casi cuarenta años han continuado en esta línea de investigación hasta la actualidad. Así, aunque el uso de un marco teórico resulta

imprescindible para el desarrollo de instrumentos, los estudios revisados se caracterizan por la ausencia de marco teórico para la conceptualización de qué constituyen las actitudes hacia la ciencia. Por lo tanto, parece ser que los autores de estos instrumentos se han limitado meramente a crear o adaptar ítems a partir de cuestionarios existentes (en la mayoría de los casos también con una pobre conceptualización teórica de las actitudes) y, a emplear dimensiones actitudinales de forma aleatoria y sin una base teórica coherente. Ello lleva a que se incluya bajo el mismo *paraguas* constructos tan diversos –y que cuentan con marcos teóricos propios diferenciados– como creencias y valores (Hilman et al., 2016), autoeficacia y motivaciones (Puvirajah et al., 2015) o habilidad percibida, valores y compromiso (Mahoney, 2010). Asimismo, la ausencia de un marco teórico conduce a la inclusión de constructos cuya relevancia en el estudio de las actitudes hacia la ciencia es en el mejor de los casos dudosa. Por ejemplo, Kind et al. (2007) han incluido un constructo que mide las actitudes hacia la escuela en general y un constructo que mide el «interés combinado» hacia la ciencia; Dijkstra y Goedhart (2012) han mezclado constructos tan dispares como actitudes hacia la ciencia escolar, los científicos, la necesidad de abordar el cambio climático y, comportamientos proambientales sin ofrecer justificación alguna, por lo que la inclusión de estos aspectos en un mismo instrumento resulta cuando menos cuestionable.

El segundo aspecto que resulta preocupante es la escasez de estudios que han sometido los instrumentos desarrollados a pruebas psicométricas de validez concurrente y discriminante para determinar en qué medida el instrumento propuesto aborda el constructo que se pretende medir. Como consecuencia del desuso de estas pruebas psicométricas, no es de extrañar la baja fiabilidad general observada en los instrumentos analizados, claro indicio de que los ítems no miden el mismo constructo latente. Por otro lado, la falta de información sobre el error estándar de medición de los instrumentos plantea la cuestión de en qué medida los resultados obtenidos mediante el uso de estos instrumentos son el reflejo de la actitud de los individuos objeto de estudio o es el efecto de un instrumento poco fiable. Asimismo, la ausencia de evidencias de fiabilidad temporal (test-retest) hace que estos instrumentos no sean apropiados para estudios longitudinales o estudios enfocados a la evaluación de intervenciones educativas (diseños pretest-posttest). Dado que la estabilidad y reproducibilidad de los resultados no está garantizada, los investigadores que evalúan intervenciones educativas emplearían estos instrumentos *a ciegas* y sin posibilidad alguna de conocer con certeza en qué medida la intervención educativa ha sido eficaz.

El tercer aspecto preocupante es la proliferación del uso de la validez aparente (en inglés, *face validity*) como una evidencia de validez psicométrica, o el mal uso de algunas pruebas psicométricas. Por ejemplo, Kennedy et al. (2016) y Wang y Berlin (2010), entre otros, han empleado la prueba de validez aparente pese a que es bien sabido que se trata de una práctica poco apropiada (DeVellis, 2003) y que, por consiguiente, los instrumentos deben ser sometidos a una validez de contenido mediante el uso de un panel compuesto por expertos en el constructo objeto de estudio. En cuanto al mal uso de algunas pruebas, por ejemplo, Tytler-Wood et al. (2010) han realizado un análisis factorial con un tamaño muestral inferior a 100 casos. Otro ejemplo de prácticas pocos recomendadas está relacionado con la gran mayoría de los estudios que han realizado análisis factorial exploratorio y que han empleado el método *Little Jiffy* (Kaiser, 1970), práctica que consiste en elegir un método de extracción de componentes principales, una rotación ortogonal Varimax y determinar el número de factores a extraer basado en el criterio Kaiser > 1. Este procedimiento ha sido duramente criticado en la literatura por la falta de robustez en los resultados que proporciona y por extraer más dimensiones de las que realmente subyacen al constructo objeto de estudio, por lo que se trata de un método ampliamente desaconsejado para constructos en los que se espera una alta correlación entre las dimensiones (Gaskin y Happell, 2014; Lloret-Segura, Ferreres-Traves, Hernández-Baeza y Tomás-Marco, 2014).

Por último, todos los instrumentos analizados en este estudio han sido desarrollados empleando ítems que carecen de una base empírica, por lo que han sido formulados siguiendo el criterio del autor

del instrumento o a partir de instrumentos existentes. Si bien se trata de una práctica extendida en el desarrollo y la validación de instrumentos en general, Ryan y Aikenhead (1992) advirtieron que estos ítems suelen reflejar las ideologías de los investigadores en lugar de medir con precisión las actitudes reales de los individuos objeto de estudio. Por ello, estos autores propusieron desarrollar instrumentos basados en las respuestas de los estudiantes durante entrevistas, dotando así a los ítems de una naturaleza empírica, siendo esta recomendación ampliamente ignorada en los instrumentos analizados en este estudio.

IMPLICACIONES

De los resultados de este estudio se derivan varias implicaciones. Debido al panorama desolador de la calidad psicométrica de los instrumentos disponibles para la medición de las actitudes hacia la ciencia, cabría preguntarse por el grado de confianza que se puede depositar en los resultados derivados del uso de estos instrumentos cuya validez y fiabilidad están cuestionadas. Ello requiere, en primera instancia, una reconceptualización del constructo de actitud hacia la ciencia y, posteriormente, el desarrollo de instrumentos que hayan sido sometidos a un riguroso proceso de diseño y validación. Solo de este modo se podría disponer de medidas de autoinforme con propiedades psicométricas más robustas que los instrumentos disponibles actualmente, lo que ayudaría a obtener resultados válidos y fiables que ayuden a respaldar (o en su caso refutar) los supuestos establecidos y consensuados en esta línea de investigación.

Por otro lado, dada la escasez de instrumentos identificados en esta revisión, y en la de Blalock et al. (2008), que hayan sido desarrollados en el contexto español, futuros estudios deberían desarrollar nuevos instrumentos o adaptar y validar instrumentos existentes en otros idiomas para su uso con estudiantes de habla hispana, similar al trabajo de Navarro et al. (2016), revisado en este estudio. De los instrumentos evaluados en este trabajo, quizás los mejores candidatos para este propósito sean el instrumento de Abd-El-Khalick et al. (2015) y el de Zhang y Campbell (2011), que si bien no han sido de los que obtuvieron una mayor puntuación, son instrumentos que han sido desarrollados empleando dos marcos teóricos de amplia trayectoria en el estudio de las actitudes en el ámbito de la psicología social, la teoría de la conducta planeada de Ajzen (1991) en el primero de los casos y la conceptualización tripartita de las actitudes en el segundo.

En este estudio, se han identificado algunos instrumentos que han sido empleados con asiduidad en el contexto español (p. ej., ROSE o PANA). No obstante, estos instrumentos no han sido retenidos para su revisión debido a que han sido utilizados en estudios cuyo objetivo principal no era el análisis de las propiedades psicométricas de estos instrumentos, incumpliendo de este modo el primer criterio de inclusión establecido en este trabajo. Por tanto, parecería necesario que en futuros trabajos se revise la producción iberoamericana para determinar en qué medida el conocimiento actual sobre las actitudes en España y países latinoamericanos ha sido desarrollado sobre la base de instrumentos con una calidad robusta en términos de validez y fiabilidad.

Por último, es necesario desarrollar y consolidar un cuerpo robusto de instrumentos que reporten resultados válidos y fiables que permitan hacer comparaciones entre las actitudes hacia la ciencia identificadas a nivel internacional y local, así como entre la efectividad de las diferentes intervenciones educativas enfocadas a la promoción de actitudes favorables. El uso de un procedimiento e instrumentos similares para la recolección de datos permitiría una mejor comparación de los resultados obtenidos. Por lo tanto, parecería apropiado desarrollar y validar instrumentos para este fin a otros contextos, niveles educativos e idiomas.

LIMITACIONES Y SIGNIFICANCIA DE ESTE ESTUDIO

Los resultados presentados en esta revisión deben interpretarse teniendo en cuenta que solo un investigador participó en el proceso de revisión de todos los instrumentos. Esta limitación se ha tratado de minimizar aplicando la rúbrica de evaluación dos veces a cada uno de los instrumentos y calculando la fiabilidad intraevaluador para obtener resultados fiables. Aunque la principal deficiencia de este método reside en que el evaluador está sujeto a los mismos errores y sesgos, el período de dos meses entre la primera y la segunda evaluación del mismo instrumento ha reducido potencialmente esta deficiencia. Además, el empleo de una rúbrica para la evaluación de los instrumentos ha minimizado el sesgo y los errores que podrían ser introducidos por el investigador, pues el análisis consistió en identificar aquellas pruebas psicométricas que han sido empleadas en cada estudio para validar un instrumento de actitudes hacia la ciencia.

Aunque los resultados de este trabajo deben ser interpretados considerando esta limitación, esta revisión proporciona una evaluación en profundidad de las propiedades psicométricas de los instrumentos de actitudes hacia la ciencia publicados en los últimos años, lo cual puede ser útil por diferentes razones para la investigación en el campo de la didáctica de las ciencias. En primer lugar, en este trabajo se resaltan aquellas prácticas que necesitan ser mejoradas en el desarrollo y la validación de instrumentos. En segundo lugar, este estudio proporciona una guía valiosa que permite a los investigadores examinar las ventajas y desventajas de cada instrumento, resaltando aquellos con mejores y peores propiedades psicométricas. Esto facilita a los autores interesados en el estudio de las actitudes hacia la ciencia la selección de instrumentos de medida de acuerdo con sus necesidades de investigación. En tercer lugar, en esta revisión se ofrece una rúbrica actualizada de los estándares psicométricos modernos, que puede ser utilizada para evaluar los instrumentos de actitudes hacia la ciencia que no han sido incluidos en este trabajo, como, por ejemplo, aquellos empleados en el contexto de la investigación en didáctica de las ciencias desarrollada en España y en Latinoamérica. Asimismo, esta rúbrica podría ser empleada para evaluar la fiabilidad y validez de otros instrumentos de naturaleza cuantitativa que están enfocados a medir otros constructos de relevancia educativa como, por ejemplo, la naturaleza de la ciencia, las motivaciones o la autoeficacia. Por último, este trabajo podría fomentar futuras investigaciones en la línea de las actitudes hacia la ciencia al plantear un debate sobre la necesidad de revisar aquellos supuestos que han sido consensuados a partir de los resultados derivados del uso de instrumentos de limitada validez y fiabilidad.

CONCLUSIONES

Este estudio trata de actualizar el trabajo de Blalock et al. (2008) evaluando las propiedades psicométricas que han sido reportadas en los instrumentos de actitud hacia la ciencia publicados entre los años 2004 y 2016. En conjunto, se puede afirmar que la calidad general de los instrumentos sigue siendo limitada y que se siguen perpetuando las prácticas de desarrollo y validación identificadas como inadecuadas e insuficientes en publicaciones pasadas. Así, la mayoría de los instrumentos de actitudes hacia la ciencia analizados presentan una falta de evidencias psicométricas y una ausencia de marco teórico. La toma de decisiones sobre cómo fomentar actitudes favorables hacia la ciencia derivada de los resultados obtenidos de instrumentos que muestran una falta de validez y fiabilidad y una pobre conceptualización teórica resulta muy arriesgada, lo que subraya la necesidad de adoptar diseños metodológicos más robustos en futuros estudios de validación de instrumentos para la evaluación del relevante constructo de actitudes hacia la ciencia, tratando de superar los aspectos negativos que reducen su validez y fiabilidad, así como la confianza que se puede depositar en los resultados derivados de su uso.

REFERENCIAS

Las referencias marcadas con un asterisco (*) indican estudios incluidos en la revisión sistemática.

Abd-El-Khalick, F., Summers, R., Said, Z., Wang, S. y Culbertson, M. (2015). Development and large-scale validation of an instrument to assess arabic-speaking students' Attitudes toward Science. *International Journal of Science Education*, *37*(16), 2637-2663. *
https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1098789

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *50*(2), 179-211.
https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Aydeniz, M. y Kotowski, M. R. (2014). Conceptual and methodological issues in the measurement of attitudes towards science. *Electronic Journal of Science Education Electronic Journal of Science Education*, *18*(3), 1-24.

Bennett, J., Lubben, F., Hogarth, S. y Campbell, B. (2005). Systematic reviews of research in science education: Rigour or rigidity? *International Journal of Science Education*, *27*(4), 387-406.
https://doi.org/10.1080/0950069042000323719

Blalock, C. L., Lichtenstein, M. J., Owen, S., Pruski, L., Marshall, C. y Toepperwein, M. (2008). In pursuit of validity: A comprehensive review of science attitude instruments 1935-2005. *International Journal of Science Education*, *30*(7), 961-977.
https://doi.org/10.1080/09500690701344578

Breckler, S. J. (1984). Empirical validation of affect, beha ior, and cognition as distinct components of attitude. *Journal of Personality and Social Psychology*, 47, 1191-1205.

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington: NSTA press.

de Pro Bueno, A. y Pérez Manzano, A. (2014). Actitudes de los alumnos de Primaria y Secundaria ante la visión dicotómica de la ciencia. *Enseñanza de Las Ciencias*, *32*(3), 111-132.
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1015

DeVellis, R. F. (2003). *Scale development: Theory and applications.* Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications.

Dijkstra, E. M. y Goedhart, M. J. (2012). Development and validation of the ACSI: Measuring students' science attitudes, pro-environmental behaviour, climate change attitudes and knowledge. *Environmental Education Research*, *18*(6), 733-749.
https://doi.org/10.1080/13504622.2012.662213. *

Eagly, A. y Chaiken, S. (1998). Attitude structure. En D. Gilbert, S. Fiske y G. Lindsay (Eds.), *Handbook of social psychology* (pp. 269-322). Nueva York: McGraw-Hill.

EC (European Commision) (2015). *Science education for responsible citizenship*. Luxemburgo.

EC (European Commision) (2016). *Horizon 2020. Monitoring report 2014*. Luxemburgo.

Fernández-Cézar, R., Pinto-Solano, N. y Muñoz-Hernández, M. (2018). ¿Mejoran los proyectos de divulgación con experimentación la actitud hacia las clases de ciencias? *Revista de Educacion*, *381* (julio-septiembre), 285-307.
https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2017-381-389

Fraser, B. J. (1981). *Test of science-related attitudes*. Melbourne: Australian Council for Educational Research.

Gaskin, C. J. y Happell, B. (2014). On exploratory factor analysis: A review of recent evidence, an assessment of current practice, and recommendations for future use. *International Journal of Nursing Studies*, *51*, 511-521.
https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2013.10.005

Guzey, S. S., Harwell, M. y Moore, T. (2014). Development of an instrument to assess attitudes toward science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *School Science and Mathematics*, *114*(6), 271-279. *
https://doi.org/10.1111/ssm.12077

Hillman, S. J., Zeeman, S. I., Tilburg, C. E. y List, H. E. (2016). My attitudes toward science (MATS): The development of a multidimensional instrument measuring students' science attitudes. *Learning Environments Research*, *19*, 203-219. *
https://doi.org/10.1007/s10984-016-9205-x

Kaiser, H. (1970). A second generation Little Jiffy. *Psychometrika*, *35*, 401-415.

Kennedy, J., Quinn, F. y Taylor, N. (2016). The school science attitude survey: A new instrument for measuring attitudes towards school science. *International Journal of Research & Method in Education*, *39*(4), 422-445. *
https://doi.org/10.1080/1743727X.2016.1160046

Kind, P., Jones, K. y Barmby, P. (2007). Developing attitudes towards science measures. *International Journal of Science Education*, *29*(7), 871-893. *
https://doi.org/10.1080/09500690600909091

Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of learning in science. En B. S. Bloom, J. T. Kastings y G. F. Madaus (Eds.), *Handbook on summative and formative evaluation of student learning* (pp. 559-642). Nueva York: McGraw-Hill.

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J. y Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that Evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *Plos Medicine*, *6*(7), e1000100.
https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100

Lloret-Segura, S., Ferreres-Traves, A., Hernández-Baeza, A. y Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: Una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de Psicología*, *30*(3), 1151-1169.
https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361

Mahoney, M. P. (2010). Students' attitudes toward STEM: Development of an instrument for high school STEM-based programs. *Journal of Technology Studies*, *36*(1), 24-34. *

Marbà-Tallada, A. y Márquez, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de primaria a cuarto de ESO. *Enseñanza de Las Ciencias*, *28*(1), 19-30.

Munby, H. (1983). *An investigation into the measurement of attitudes in science education*. Columbus, OH: SMEAC Information Reference Center, The Ohio State University.

Navarro, M., Förster, C., González, C. y González-Pose, P. (2016). Attitudes toward science: Measurement and psychometric properties of the test of science-related attitudes for its use in Spanish-speaking classrooms. *International Journal of Science Education*, *38*(9), 1459-1482. *
https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1195521

NRC (National Research Council) (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. *National Academies Press*. Washington, DC: The National Academies Press.

NRC (National Research Council) (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academy Press.

NRC (National Research Council) (2013). *Next generation science standards: For stated, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.

Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory*. Nueva York: McGraw-Hill.

Osborne, J., Simon, S. y Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, *25*(9), 1049-1079. https://doi.org/10.1080/0950069032000032199

Owen, S. V., Toepperwein, M. A., Marshall, C. E., Lichtenstein, M. J., Blalock, C. L., Liu, Y., Pruski, L. A. y Grimes, K. (2008). Finding pearls: Psychometric reevaluation of the Simpson-Troost attitude questionnaire (STAQ). *Science Education*, *92*(6), 1076-1095. * https://doi.org/10.1002/sce.20296

Polit, D. F. (2015). Assessing measurement in health: Beyond reliability and validity. *International Journal of Nursing Studies*, *52*(11), 1746-1753. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2015.07.002

Polit, D. F. y Yang, F. (2016). *Meaurement and the measurement of change: A primer for health professionals*. Filadelfia: Lippincott Williams & Wilkins.

Potvin, P. y Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, *50*(August 2016), 85-129. https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626

Puvirajah, A., Verma, G., Li, H. y Martin-Hansen, L. (2015). Influence of a science-focused afterschool program on underrepresented high-school students' science attitudes and trajectory: A survey validation study. *International Journal of Science Education Part B-Communication and Public Engagement*, *5*(3), 250-270. * https://doi.org/10.1080/21548455.2014.930210

Ryan, A. G. y Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, *76*, 559-580.

Tyler-Wood, T., Knezek, G. y Christensen, R. (2010). Instruments for assessing interest in STEM content and careers. *Journal of Technology and Teacher Education*, *18*(2), 341-363. *

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (1995). Actitudes relacionadas con la Ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de Las Ciencias*, *13*(3), 337-346.

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2008). La vocación científica y tecnológica de las chicas en secundaria y la educación diferenciada. *Bordón. Revista de Pedagogía*, *60*(3), 149-163.

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2009a). La relevancia de la educación científica: actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la Ciencia y la Tecnología. *Enseñanza de Las Ciencias*, *27*(1), 33-48.

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2009b). Factores actitudinales determinantes de la vocación científica y tecnológica en secundaria. *Cultura y Educacion*, *21*(3), 319-330. https://doi.org/10.1174/113564009789052280

Villafañe, S. M. y Lewis, J. E. (2016). Exploring a measure of science attitude for different groups of students enrolled in introductory college chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, *17*, 731-742. * https://doi.org/10.1039/c5rp00185d

Wang, T. y Berlin, D. (2010). Construction and validation of an instrument to measure Taiwanese elementary students' attitudes toward their science class. *International Journal of Science Education*, *32*(18), 2413-2428. * https://doi.org/10.1080/09500690903431561

Zhang, D. y Campbell, T. (2011). The psychometric evaluation of a three-dimension elementary science attitude survey. *Journal of Science Teacher Education*, *22*, 595-612. * https://doi.org/10.1007/s10972-010-9202-3

Systematic review of attitude toward science instruments (2004-2016)

Radu Bogdan Toma
Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Educación. Universidad de Burgos. Burgos, España.
rbtoma@ubu.es

The purpose of this study was to review the psychometric properties of attitude toward science tools that have been published in the last thirteen years in order to determine whether educational proposals that are being promoted internationally for the improvement of science education are complemented with the development of valid and reliable self-report tools. This analysis, which draws on and update Blalock et al.'s (2008) work, may help researchers to choose adequate data collection instruments according to their study needs.

To this end, a systematic review following the procedure described by Bennett, Lubben, Hogarth and Campbell (2005) and the PRISMA statement (Liberati et al., 2009) was performed. Potentially relevant articles were retrieved from two databases, mainly *Web of Science Core Collection* and *Science Direct*, and using a snowball technique, which consists in examining the reference list of selected articles for relevant studies not identified through the databases. Searches were restricted by research category (Education and educational research), document type (articles), language (English and Spanish) and year of publication (2004-2016). Articles were deemed relevant according to the following inclusion criteria: (I) instrument development and validation studies; (II) focused on the attitudes towards science construct; (III) developed through classical test theory; and (IV) quantitative in nature.

The psychometric properties of each instrument was assessed using a scoring rubric consisting of four parts and with a score ranging from 0 to 27: (I) Theoretical framework –to what extent the tool was developed according to existing attitudinal theories–; (II) Reliability –whether internal consistency, test-retest and standard measurement error results are reported–; (III) Validity –whether content, construct, convergent, concurrent, discriminant, discriminative and predictive validity results are reported–; and (IV) Dimensionality –whether data was analyzed according to the unidimensionality or multidimensionality of the tool–.

A total of 14 studies providing information on the development and validation of 15 instruments were retained for in-depth analysis. Overall, 9 (60 %) instruments scored less than half of the total rubric score (<13). A total of 11 (73 %) instruments were developed without a theoretical framework. In terms of reliability, no study reported psychometric evidence for test-retest or information about the standard error of measurement, and only four (27 %) of the tools reported high levels of reliability. As for the validity, up to 9 (60 %) instruments reported only one or two psychometric evidences (mostly content or construct validity), and no tool was subjected to more than four psychometric validity tests.

These results indicate that Blalock et al.'s (2008) and Munby's (1983) criticisms are still valid for current attitudes towards science instruments. These results call into question the confidence that can be placed in the results derived from studies using instruments whose validity and reliability are at stake, and calls for a reconceptualization of the attitude toward science construct and the adoption of rigorous validation procedures to develop valid and reliable measurement tools that would help support (or refute) the assumptions and consensus reached in this line of research.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 38-3 (2020), 161-178 https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3041
Investigaciones didácticas ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Interacción en foros virtuales al integrar modelización matemática para formar ingenieros

Interaction in virtual forums by integrating mathematical modelling to train engineers

Jazmín Adriana Juárez Ramírez
Departamento de Ciencias Básicas de la Escuela Superior de Cómputo. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México
jjuarezr@ipn.mx

José María Chamoso Sánchez, María Teresa González Astudillo
Departamento de Didáctica de la Matemática y Didáctica de las Ciencias Experimentales Universidad de Salamanca, Salamanca, España
jchamoso@usal.es, maite@usal.es

RESUMEN • La modelización matemática posibilita que los estudiantes vinculen su aprendizaje con situaciones reales. En este trabajo se analiza una experiencia con estudiantes de ingeniería cuando elaboraban un proyecto de modelización matemática utilizando foros virtuales, que considera los niveles de interacción y de profundidad de sus mensajes y la influencia de esos foros en las modificaciones realizadas para mejorar sus trabajos. Los resultados reflejan que, principalmente, se consiguieron niveles de interacción medios y niveles de profundidad bajos, que el nivel de interacción dependió de la forma de realizar la experiencia, y que los más altos niveles de interacción y profundidad se correspondieron con las mayores mejoras de los trabajos. Ello abre posibilidades futuras sobre el uso de foros virtuales al integrar la modelización en el aprendizaje de las matemáticas en cursos universitarios.

PALABRAS CLAVE: Modelización matemática; Interacción; Foros virtuales; Ingeniería; Educación universitaria.

ABSTRACT • Mathematical modelling allows students to associate their learning with real situations. This paper analyzes an experience with engineering students when they were developing a mathematical modelling project using virtual forums, which considers the levels of interaction and depth of their messages and the influence of those forums on the modifications made to improve their work. The results mainly reflect that medium levels of interaction and low levels of depth were achieved, that the level of interaction depended on how the experience was performed, and that the highest levels of interaction and depth corresponded to the greatest improvements in the work. This opens up for future possibilities in the use of virtual forums by integrating modelling into university-level mathematics learning.

KEYWORDS: Mathematical modelling; Interaction; Virtual forums; Engineering; University education.

Recepción: julio 2019 • Aceptación: abril 2020 • Publicación: abril 2020

Juárez Ramírez, J. A., Chamoso Sánchez, J. M. y González Astudillo, M. T. (2020). Interacción en foros virtuales al integrar modelización matemática para formar ingenieros. *Enseñanza de las Ciencias, 38*(3), 161-178
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3041

INTRODUCCIÓN

Los foros virtuales son una de las herramientas más utilizadas en el ámbito educativo para promover el aprendizaje colaborativo de manera eficaz y favorecer la adquisición de habilidades y conocimientos (por ejemplo, Jyothi, McAvinia y Keating, 2012; Murillo y Marcos, 2009; So, 2009). En concreto, algunas investigaciones han mostrado que la interacción a través de foros virtuales crea oportunidades para el diálogo, fomenta la reflexión, permite la formación y reafirmación de significados, apoya la estructuración y organización de pensamientos y tiene un efecto positivo, tanto en el aprendizaje de los estudiantes como en la calidad de sus trabajos (por ejemplo, Cheng, Paré, Collimore y Joordens, 2011; Dyment y O'Conell, 2011; Hrastinski, Keller y Carlsson, 2010). Sin embargo, existe limitada evidencia de investigaciones en las que se analice el uso de foros virtuales para el aprendizaje de las matemáticas con estudiantes universitarios.

Por otro lado, las asignaturas universitarias relacionadas con matemáticas suelen tener como uno de sus principales objetivos que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos en diversos contextos. Por ejemplo, en algunas investigaciones se señala que poseer competencias matemáticas exige ser capaz de relacionar la matemática con situaciones de la vida real (Daher y Awawdeh, 2015; Kaiser y Schwarz, 2010).

El uso de la modelización matemática en las aulas universitarias puede cambiar la percepción de los estudiantes sobre la importancia de las matemáticas, así como apoyar la comprensión de los contenidos matemáticos vinculándolos con la realidad (Galbraith, 2012; Huincahue, Borromeo-Ferri y Mena-Lorca, 2018; Soon, Tirtasanjaya y McInnes, 2011). A través de la modelización, los estudiantes universitarios pueden entender cómo se originan muchos conceptos y estructuras matemáticas, así como sus aplicaciones (Alsina, 2007).

A pesar de que parece aceptada la conveniencia de involucrar a los estudiantes en el conocimiento de la modelización matemática, su implementación en el aula continúa siendo un problema urgente (Barquero, Bosch y Gascón, 2014). La enseñanza universitaria no suele fomentar la disposición de los estudiantes hacia la modelización matemática (Blum y Borromeo-Ferri, 2009; Verschaffel, Van Dooren, Greer y Mukhopadhyay, 2010).

Representar una situación de la vida real con un modelo matemático no es fácil para los estudiantes. Esto puede deberse a que, en la mayoría de los casos, la enseñanza de las matemáticas universitarias se basa en el estudio de técnicas de resolución donde predomina el enfoque algorítmico, con escasa vinculación con situaciones reales. En ese sentido, algunas investigaciones analizaron las dificultades que tienen los estudiantes universitarios para plantear modelos matemáticos. Esto puede deberse tanto al escaso conocimiento de la modelización matemática como a que sus conocimientos no siempre están suficientemente estructurados para distinguir qué información es relevante para, por ejemplo, comprender la situación que deben modelar, identificar variables, utilizar el conocimiento matemático para establecer la función adecuada y las técnicas y los procedimientos que se deben aplicar (Klymchuk, Zverkova, Gruenwald y Sauerbier, 2010); comprender las variables involucradas en el proceso y la relación entre ellas (Rowland, 2006; Soon et al., 2011); graficar y analizar la solución obtenida (Chaachoua y Saglam, 2006). Soon et al. (2011) concluyeron que no se debe pedir a los estudiantes que modelen situaciones complejas, sino que es preferible avanzar en la comprensión del proceso de modelización matemática por medio de situaciones sencillas.

En este trabajo se analiza una experiencia realizada con estudiantes universitarios de ingeniería en la cual se implementaron foros virtuales para fomentar la interacción, la reflexión y el trabajo colaborativo. Los estudiantes, organizados en grupos, se comunicaron a través de foros virtuales para desarrollar un proyecto que integraba la modelización matemática en el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales. Los objetivos eran: 1) analizar el nivel de interacción y el nivel de profundidad de los mensajes, y

2) analizar la influencia de los foros en las modificaciones que los estudiantes realizaron para mejorar el propio trabajo.

ANTECEDENTES

Para clasificar las diferentes aproximaciones teóricas a la modelización matemática se han llevado a cabo diversos trabajos en educación matemática. Kaiser y Sriraman (2006) identificaron dos perspectivas principales, una centrada en la habilidad de los estudiantes para aplicar matemáticas en la resolución de problemas prácticos, y otra que ponía el énfasis en la habilidad de los estudiantes para establecer relaciones entre las matemáticas y la realidad. Posteriormente, Kaiser y Schwarz (2010) propusieron una nueva clasificación en la que resaltaron no solo los fines principales, sino también los antecedentes de cada perspectiva: realista, contextual, educativa, sociocrítica y cognitiva.

La perspectiva educativa integra la modelización en la enseñanza de las matemáticas, tanto como un medio de aprendizaje como una competencia importante por sí misma. Bajo esta perspectiva se han abordado cuestiones didácticas sobre metas educativas, justificaciones relacionadas con la modelización para la enseñanza en distintos niveles educativos, formas de organizar las actividades de modelización matemática en diversos planes de estudio de matemáticas, problemas relacionados con la implementación de la modelización en la práctica docente y problemas relacionados con la evaluación de las actividades de modelización (Blomhoj, 2009). Según la perspectiva educativa, una de las razones para enseñar la modelización matemática es que esta constituye un puente entre las experiencias reales de los alumnos y las matemáticas. Esto motiva el aprendizaje de los estudiantes y convierte las matemáticas en un medio para describir y comprender situaciones de la vida real (Blomhoj, 2004; 2009).

Por otro lado, la perspectiva cognitiva tiene como propósito principal comprender las funciones cognitivas que se activan en el estudiante al realizar actividades de modelización matemática. Con este fin, se deben analizar los procesos de modelización de los estudiantes para reconstruir sus rutas individuales a través del proceso de modelización en situaciones específicas. Esta perspectiva está estrechamente relacionada con la perspectiva educativa y el objetivo de desarrollar la competencia de modelización matemática (Borromeo-Ferri, 2006). Se puede considerar el aprendizaje de las competencias de modelización como investigación básica, mientras que la investigación bajo la perspectiva educativa, como ciencia aplicada.

En esta investigación se ha introducido la modelización matemática a través de foros virtuales entendidos como herramientas tecnológicas que favorecen la interacción, pues permiten que los estudiantes mantengan discusiones relacionadas con su proceso de aprendizaje en cualquier momento y lugar, cuenten con tiempo para estructurar y organizar sus pensamientos y puedan comunicarse simultáneamente o incluso participar en varias discusiones a la vez (Romero, López, Luna y Ventura, 2013). Durante la interacción en foros virtuales se pueden aportar nueva información y nuevas perspectivas de análisis, lo que puede promover conflictos que obliguen a reorganizar los esquemas cognitivos y desarrollar el razonamiento de los estudiantes de manera que descubran qué pueden hacer por sí mismos y qué pueden hacer con la ayuda de los demás (Biasutti, 2017; Sun y Gao, 2017). Sin embargo, pueden existir limitaciones para promover la interacción en los foros virtuales sin el estímulo activo del instructor para favorecer la cantidad y la calidad de los mensajes (Kim, 2013).

La comprensión de los procesos de aprendizaje que tienen lugar durante el desarrollo de las interacciones en foros virtuales ha sido objeto de diversas investigaciones. Inicialmente se centraron en el análisis de datos cuantitativos como, por ejemplo, la participación de los estudiantes, el número de registros realizados, la cantidad de mensajes o la secuencia de respuestas de un mensaje (Lucas, Gunawardena y Moreira, 2014). Posteriormente se incluyeron análisis del contenido de los mensajes que permitieron construir instrumentos para valorar su impacto en el aprendizaje (por ejemplo, Herrera y

Casado, 2015; Lucas y Moreira, 2011). Al respecto, el trabajo de Onrubia y Engel (2009), centrado en los procesos de construcción colaborativa del conocimiento de estudiantes universitarios cuando trabajaban en grupos y se comunicaban a través de foros virtuales, mostró que esta construcción se realizaba en cuatro fases: iniciación, exploración, negociación y construcción del conocimiento, en las que cada grupo adoptaba una estrategia particular durante el proceso.

MARCO TEÓRICO

Los aspectos teóricos sobre los que se fundamenta esta investigación se presentan en dos apartados. En el primer apartado se describe la estrategia didáctica *matemática en contexto* (Camarena, 2004; 2009) a partir de la que se propuso, para esta investigación, un proceso de modelización matemática que permitiera representar una situación de la vida real con ecuaciones diferenciales. En el segundo apartado se expone el marco de análisis que se consideró en este trabajo para analizar el tipo de participación (Llinares y Valls, 2009) y el nivel de reflexión (Chamoso y Cáceres, 2009) en los mensajes en foros virtuales, así como la herramienta para estudiar la naturaleza de las modificaciones realizadas al propio trabajo a partir del proceso de reflexión (Cáceres, Chamoso y Azcárate, 2010).

Matemática en contexto

La matematización de las situaciones que se presentan en el campo laboral del futuro ingeniero es un punto de conflicto cognitivo debido a que asistió a los cursos de matemáticas y de ingeniería de manera separada, lo que supone que, cuando utiliza ambas áreas de conocimiento, sus estructuras cognitivas están desvinculadas y debe integrarlas para matematizar la situación que se le presenta (Camarena, 2004). Debido a que existen pocas asignaturas en los programas de ingeniería que se enfoquen en la formulación de modelos matemáticos, Camarena (2009) propuso abordar la modelización matemática desde la vinculación existente entre las matemáticas y las ciencias, las matemáticas y la vida cotidiana, y las matemáticas y la actividad laboral y profesional del futuro ingeniero (Camarena, 2004). Se trata de construir en el estudiante una matemática para la vida, fundamentada en el uso de las matemáticas como herramienta de apoyo y como disciplina formativa a través de un proceso de enseñanza y aprendizaje concebido como un sistema donde intervienen diversos factores, principalmente, las características de los estudiantes, los conocimientos de los profesores, el tipo de asignatura y la didáctica que se emplea (Camarena, 2009).

La propuesta de Camarena (2009) incluye cinco fases que interactúan entre sí: *curricular*, *didáctica*, *epistemológica*, *formación de docentes* y *cognitiva*. La fase *didáctica* contempla un proceso metodológico para el desarrollo de las competencias profesionales con que se fomenta el desarrollo de las habilidades para la transferencia del conocimiento. Esta fase contiene la estrategia didáctica *matemática en contexto*, en la que se presentan a los estudiantes los conocimientos integrados a partir de cierta situación de otras disciplinas que, al tratar de resolverla, permite al alumno encontrar nuevos puntos de interés hacia las matemáticas, así como la necesidad de adquirir nuevos conocimientos.

La *matemática en contexto* desarrolla la teoría matemática de acuerdo con las necesidades y los ritmos que dictan los cursos de ingeniería, y contempla las siguientes etapas de modelización (Camarena, 2009): identificar los eventos contextualizados, plantear el evento contextualizado, determinar las variables y las constantes del evento, incluir los temas y conceptos matemáticos necesarios para el desarrollo del modelo matemático y solución del evento, determinar el modelo matemático, dar la solución matemática del evento, determinar la solución requerida por el evento, interpretar la solución en términos del evento y disciplinas del contexto y presentar una matemática descontextualizada.

Interacción en foros virtuales

Llinares y Valls (2009) realizaron una investigación para describir las características de las interacciones en discusiones en línea, cuando estudiantes universitarios examinaban y analizaban la enseñanza de las matemáticas como un proceso para desarrollar las habilidades necesarias para aprender a partir de la práctica y construir conocimiento. Su perspectiva adoptada pone de manifiesto que el proceso de compromiso cognitivo se produce en el contexto de la interacción mientras se resuelve algún problema con cierta importancia para los participantes, que puede conllevar un diálogo en el que se proponen soluciones y se responde con ampliaciones, objeciones y contrapropuestas a las intervenciones previas.

El análisis de datos de Llinares y Valls (2009) se realizó en dos dimensiones: tipo de participación y dimensión epistémica. La dimensión de la participación se centró en la medida en que los estudiantes contribuyen al discurso y cómo contribuyen a este. Para determinar cómo se dedicaban a la construcción de significados entre sí, se consideró la secuencia de intercambios entre los participantes. El marco analítico para la dimensión de la participación consistió en un esquema de categorías que proporcionan una descripción de cómo participan los estudiantes al resolver las tareas asignadas en un entorno de aprendizaje *(aporta información*, *aclara*, *coincide*, *coincide y amplía*, *discrepa*, *discrepa y amplía*). Este marco proporciona información sobre el proceso en el que participan los estudiantes para realizar las tareas conjuntamente, cómo los estudiantes construyen nuevos significados y cómo utilizan las ideas como herramientas.

Una ventaja de los foros virtuales es que permiten construir una pausa en la comunicación, importante para la asimilación e integración de materiales, creatividad y conexión profunda entre estudiantes (Silva y Gros, 2007). Las interacciones en el aula están limitadas por el tiempo, el espacio y el número de estudiantes, buscando una respuesta rápida (Khourey-Bowers, 2005).

En este sentido, Chamoso y Cáceres (2009) analizaron la profundidad de las reflexiones de futuros maestros a partir de una categorización diseñada específicamente para la investigación, con los niveles *descripción*, *argumentación* y *aportación*. Concluyeron que el nivel de reflexión depende de la tarea que se realice: aquellas en las que los estudiantes se sentían más activamente involucrados se consiguieron niveles más altos de reflexión. Además, Cáceres, Chamoso y Azcárate (2010) proporcionaron una herramienta para analizar la forma como estudiantes universitarios, en grupos, mejoraban su trabajo previo basándose en la reflexión sobre su aprendizaje.

METODOLOGÍA

La experiencia se realizó durante el desarrollo de la asignatura Ecuaciones Diferenciales, uno de los cursos de formación básica de Ingeniería en Sistemas Computacionales que se ofrece en la Escuela Superior de Cómputo (México). La asignatura tiene como objetivo que el alumno vincule el proceso de modelización matemática a situaciones de la vida real utilizando ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO). Para el desarrollo de la asignatura se dispuso de una plataforma virtual basada en MOODLE.

Participaron 53 estudiantes organizados en dos cursos, 26 en el curso A (8 mujeres, 31 %, y 18 hombres, 69 %) y 27 en el curso B (6 mujeres, 22 %, y 21 hombres, 78 %). Ambos cursos fueron impartidos por el mismo profesor y bajo las mismas condiciones.

El desarrollo de la asignatura se organizó en sesiones teóricas y sesiones prácticas. Las sesiones teóricas incluían la formación sobre el proceso de modelización matemática con ecuaciones diferenciales (más detalle, Juárez, Chamoso, González y Rodríguez, 2015). Este proceso se basa en la *matemática en contexto* (Camarena, 2009) y comprende las siguientes etapas descritas en la tabla 1.

Tabla 1.
Proceso de modelización matemática

Etapa	*Descripción*
1. Identificar variables y leyes	Determinar las variables responsables de los cambios y las hipótesis que describen la situación real.
2. Plantear la EDO	Proponer la ecuación diferencial correspondiente.
3. Establecer condiciones	Determinar las condiciones del problema.
4. Resolver la EDO	Calcular la solución general.
5. Aplicar condiciones	Aplicar las condiciones para calcular la solución particular.
6. Graficar solución	Expresar la solución particular con un gráfico.
7. Contestar pregunta original	Explicar el resultado en el contexto de la situación real.
8. Analizar resultado	Validar el resultado contrastándolo con datos conocidos.
9. Identificar modelo	Explicar otras posibles aplicaciones del modelo matemático.

Las sesiones prácticas incluían la realización de un *Proyecto* para plantear el modelo matemático de una situación de la vida real utilizando ecuaciones diferenciales. El *Proyecto* se llevó a cabo en 4 fases (tabla 2), para lo que se crearon dos foros: foro F1 y foro F2. En concreto, los grupos de estudiantes desarrollaron el modelo matemático de una situación real comunicándose mediante el foro F1 y, posteriormente, valoraron el trabajo realizado por otros (curso A) o por ellos mismos (curso B) comunicándose a través del foro F2. Cada foro permaneció activo durante 10 días. El profesor no participó en ninguno de ellos y los estudiantes no tenían experiencia previa en utilizar foros virtuales para el aprendizaje.

Tabla 2.
Desarrollo del *Proyecto*

Fase	*Descripción*
1	Cada estudiante seleccionó un problema de la colección que debía saber resolver para superar la asignatura, disponible desde el inicio de este.
2	Los estudiantes se organizaron aleatoriamente en 5 grupos, de unos 5 integrantes, en cada curso A y B.
3	Se estableció un foro F1 a través de la plataforma virtual de la asignatura para que cada grupo eligiera un problema entre los seleccionados por cada integrante, lo adaptara a una situación real y lo resolviera utilizando ecuaciones diferenciales, teniendo en cuenta las etapas del proceso de modelización matemática. El proceso desarrollado debería reflejarse en una presentación electrónica en PowerPoint (presentación inicial, PI). Posteriormente, las PI se expusieron en el aula y quedaron a disposición de todos los estudiantes en la plataforma virtual de la asignatura.
4	Se implementó un foro F2 para que, por un lado, cada grupo valorara una de las presentaciones PI del curso, diferente de la propia, de manera que todas fueran seleccionadas (curso A), y por otro, para que cada grupo valorara su propia presentación PI (curso B). En ambos casos considerarían qué debería mejorarse para favorecer la comprensión del proceso de modelización matemática teniendo en cuenta la vinculación con el mundo real, utilizando EDO. Posteriormente, cada grupo, después de conocer los mensajes del foro F2, elaboró una presentación final (PF).

Los datos fueron, por un lado, los mensajes de los estudiantes en los foros F1 y F2 durante el desarrollo del *Proyecto*, y por otro, la presentación inicial (PI) y la presentación final (PF) de cada grupo. Los mensajes de los estudiantes en los foros F1 y F2 de cada grupo se dividieron en unidades de análisis (UA) en las que se expresaba una idea con significado. En total se consideraron 1.136 UA (de un

total de 1.271 UA de las que 135 fueron excluidas ya que contenían elementos ajenos al desarrollo del *Proyecto*) a partir de 647 mensajes.

La PI y la PF de cada grupo fueron vaoradas por parte del profesor teniendo en cuenta las etapas del proceso de modelización matemática (tabla 1). En concreto, a cada etapa de la PI y la PF de cada grupo de estudiantes se asignó una valoración numérica en función de si lo hicieron con un tratamiento: (3) adecuado y justificado; (2) adecuado, pero sin justificación suficiente; (1) parcialmente adecuado con incorrecciones en algunos aspectos; (0) no se incluyó.

Para realizar el análisis, por un lado, cada UA se categorizó por el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* y, por otro, se consideró la *influencia del foro en las modificaciones que los grupos de estudiantes realizaron al propio trabajo*.

El *nivel de interacción* de las UA se analizó a partir del sistema de categorías de Llinares y Valls (2009; tabla 3; se incluyen ejemplos de los mensajes de los estudiantes).

Tabla 3.
Sistema de categorías para analizar el *Nivel de interacción* de las UA

Nivel	*Descripción*	*Ejemplos*
Aporta información (1)	Aporta ideas o preguntas que no se han considerado previamente.	«El único ejercicio que es un problema de valores iniciales es el primero de la lista ya que tiene condiciones».
Interactúa (2)	Menciona ideas que han surgido de una aportación previa, ya sea aclarando, coincidiendo o discrepando.	«Pues sí, se podría utilizar la transformada de Laplace porque las condiciones iniciales están en cero, pero el procedimiento es más largo». «Coincido contigo en que este problema se debe resolver con el sistema masa-resorte».
Interactúa y amplía (3)	Amplía aspectos que han surgido en una aportación previa, ya sea coincidiendo o discrepando.	«De acuerdo, mi planteamiento está bien, no es necesario usar variación de parámetros ya que es una ecuación homogénea y lineal». «No sé, creo que el problema de equilibrio de Karen puede servir más porque la condición inicial está dada en cero».

El *nivel de profundidad* de las UA se analizó a partir del sistema de categorías de Chamoso y Cáceres (2009; tabla 4; se incluyen ejemplos de los mensajes de los estudiantes).

Tabla 4.
Sistema de categorías para analizar el *nivel de profundidad* de las UA

Nivel	*Descripción*	*Ejemplos*
Descripción (1)	Describe aspectos relacionados con el desarrollo de la tarea, sin involucrarse.	«Pues estoy de acuerdo contigo, el problema del resorte tiene más aplicación en la vida cotidiana».
Argumentación (2)	Argumenta o justifica aspectos del desarrollo de la tarea.	«Creo que solo hay un problema que maneja una solución de un problema de valores iniciales (PVI) en nuestra lista, debido a que es el único en el que se nos da una condición inicial».
Aportación (3)	Realiza contribuciones con el fin de mejorar el desarrollo de la tarea.	«Podemos agregar más imágenes como por ejemplo el pez colgado, indicando puntos relevantes como la posición de equilibrio».

Los datos, en valores absolutos y porcentajes, se recogieron en tablas en función de las categorías consideradas y se compararon entre los cursos A y B mediante una prueba no paramé-

trica ji-cuadrada, para determinar si el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* dependían de la forma en que los estudiantes desarrollaban el *Proyecto* en cada curso A y B.

El análisis de la *influencia del foro en las modificaciones que los grupos de estudiantes realizaron al propio trabajo* se hizo, en primer lugar, considerando las modificaciones que hicieron al propio trabajo; en segundo lugar, relacionando la influencia del foro con las modificaciones que hicieron al propio trabajo, y, en tercer lugar, estableciendo la relación entre el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* con las modificaciones al propio trabajo.

En cuanto a las modificaciones que los grupos de estudiantes hicieron al propio trabajo, se consideraron las valoraciones del profesor a la PI y la PF de cada grupo. Esas valoraciones permitieron analizar la naturaleza de las modificaciones realizadas en cada PF respecto a su respectiva PI (basado en Cáceres, Chamoso y Azcárate, 2010; tabla 5).

Tabla 5.
Plantilla de valoración de la naturaleza
de las modificaciones de cada grupo en su PF respecto a su PI en cada etapa

Naturaleza	*Descripción*
4	Rehace completamente la etapa de nuevo.
3	Reorganiza completamente la etapa y quizá añade algunas cosas.
2	Reorganiza o modifica únicamente algunas partes de la etapa.
1	Añade nuevo conocimiento sin modificar ni reorganizar la etapa.
0	No realiza ninguna modificación a la etapa.

La influencia de los foros F1 y F2 en las modificaciones que cada grupo hizo al propio trabajo se hizo asignando las UA de los estudiantes en cada grupo a las etapas del proceso de modelización matemática a la que se refería, y se organizaron en tablas teniendo en cuenta si se consideraron en las respectivas PI y PF y la diferencia de valoración de la PF respecto a la PI (en valores absolutos y porcentajes, y en función de la cantidad de grupos que las tuvieron en cuenta o no). También se registró el número de grupos que aumentaron la nota en su PF considerando los mensajes en el foro.

Hay que señalar que los estudiantes, en sus mensajes, hicieron referencia a aspectos relacionados con el proceso de modelización matemática (un total de 519 UA), y a otros aspectos que no tenían relación con este pero sí con el desarrollo del *Proyecto* como, por ejemplo, elementos en el diseño de la presentación; estas últimas no se consideraron en este trabajo.

Finalmente, para determinar la relación entre el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* de las UA de cada grupo con las modificaciones realizadas a cada PF respecto a su respectiva PI, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson.

RESULTADOS

Se presentan los resultados de las interacciones de los estudiantes en los foros F1 y F2, en términos del *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad*, y, posteriormente, se recogen los resultados referidos a la *influencia del foro en las modificaciones que los grupos de estudiantes realizaron al propio trabajo*.

Referido al *nivel de interacción* de las UA de los estudiantes en los foros F1 y F2, los resultados se recogen en la tabla 6.

Tabla 6.
Distribución de las UA de los grupos
de estudiantes en los foros F1 y F2, según el *nivel de interacción*

Foro	*Aporta información (1)*	*Interacciona (2)*	*Interaccionay amplía (3)*	*Total*
F1	269 (31 %)	492 (57 %)	104 (12 %)	862 (100 %)
F2	92 (34 %)	160 (58 %)	22 (8 %)	274 (100 %)
Total	361 (32 %)	651 (57 %)	124 (11 %)	1.136 (100 %)

Los estudiantes, en general, al participar en los foros, alcanzaron principalmente un *nivel de interacción* medio, con escasas UA en el nivel alto. Comparando los cursos A y B, no existieron diferencias significativas en el *nivel de interacción* en el foro F1 [$\chi^2(2) = 3{,}27$, $p > 0{,}05$], pero sí en F2 [$\chi^2(2) = 14{,}68$, $p < 0{,}01$] (globalmente existieron diferencias significativas entre los cursos A y B [$\chi^2(2) = 12{,}24$, $p < 0{,}01$]), lo que sugiere que el *nivel de interacción* estuvo relacionado con la forma como los estudiantes desarrollaron el *Proyecto*.

Referido al *nivel de profundidad* de las UA de los estudiantes en los foros F1 y F2, los resultados se recogen en la tabla 7.

Tabla 7.
Distribución de las UA de los grupos
de estudiantes en los foros F1 y F2, según el *nivel de profundidad*

Foro	*Descripción (1)*	*Argumentación (2)*	*Aportación (3)*	*Total*
F1	601 (69 %)	155 (18 %)	106 (13 %)	862 (100 %)
F2	200 (73 %)	54 (20 %)	20 (7 %)	274 (100 %)
Total	801 (71 %)	209 (18 %)	126 (11 %)	1.136 (100 %)

La profundidad de las UA de los estudiantes, en general, se limitó a la descripción sin justificación ni aportación. Comparando los cursos A y B, no existieron diferencias significativas en el *nivel de profundidad* en el foro F1 [$\chi^2(2) = 1{,}22$, $p > 0{,}05$] ni en F2 [$\chi^2(2) = 0{,}043$, $p > 0{,}05$] (globalmente no existieron diferencias significativas entre los cursos A y B [$\chi^2(2) = 0{,}82$, $p > 0{,}05$]), lo que puede hacer entender que el *nivel de profundidad* no estuvo relacionado con la forma en que los estudiantes desarrollaron el *Proyecto*.

Respecto a la *influencia del foro en las modificaciones que los grupos de estudiantes realizaron al propio trabajo* se considera, en primer lugar, la naturaleza de las modificaciones realizadas en cada PF respecto a su PI (tabla 8).

Tabla 8.
Distribución de la naturaleza de las modificaciones realizadas
por los grupos en su PF respecto a su PI según las etapas del proceso de modelización matemática

Etapa	*Naturaleza*					*Total de grupos que modificaron su PF*
	0	*1*	*2*	*3*	*4*	
1. Identificar variables y leyes	8	1	1	0	0	2 (20 %)
2. Plantear la EDO	5	1	3	1	0	5 (50 %)
3. Establecer condiciones	6	0	2	1	1	4 (40 %)
4. Resolver la EDO	4	1	3	0	2	6 (60 %)
5. Aplicar condiciones	2	4	1	0	3	8 (80 %)
6. Graficar solución	0	0	2	0	8	10 (100 %)
7. Contestar pregunta original	5	0	0	0	5	5 (50 %)
8. Analizar resultado	2	0	1	0	7	8 (80 %)
9. Identificar modelo	9	0	0	0	1	1 (10 %)

Los grupos, en general, mejoraron la valoración de su PF respecto a su PI principalmente en las etapas *resolver la EDO*, *aplicar condiciones*, *graficar solución* y *analizar resultado*. En concreto, en la etapa *graficar solución*, todos los grupos hicieron modificaciones profundas que mejoraron completamente su PI. Respecto a las etapas *aplicar condiciones*, *resolver la EDO* y *plantear la EDO*, casi todos los grupos que no habían conseguido la máxima valoración en esa etapa en su PI mejoraron su presentación anterior pero no significativamente en todos los casos. Por el contrario, la etapa *identificar modelo* solo la modificó un grupo.

En segundo lugar, respecto a la influencia de cada F1 y F2 en las modificaciones que cada grupo hizo al propio trabajo, las UA se organizaron en tablas según las etapas del proceso de modelización matemática a las que hacían referencia teniendo en cuenta si se consideraron en cada respectivo PI y PF, y la relación con la diferencia de valoración de la PF respecto a la PI (tabla 9).

Tabla 9.
Influencia de F1 y F2 en las modificaciones realizadas al propio PI
para conseguir la PF en función de la diferencia de valoración de la PF respecto a la PI en cada etapa

Etapas del proceso de modelización matemática	*Foro 1*				*Foro 2*				
	Consideradas		*Sin considerar*	*Total*	*Consideradas*			*Sin considerar*	*Total*
	PI	*PF*			*Diferencia valoración*				
					1	*2*	*3*		
1. Identificar variables y leyes	15	6	28	49 (16 %)	0	1 (1)	0	7	8 (4 %)
2. Plantear la EDO	26	0	0	26 (8 %)	0	8 (4)	0	15	23 (11 %)
3. Establecer condiciones	38	25	21	84 (27 %)	0	10 (3)	4 (1)	1	15 (7 %)
4. Resolver la EDO	60	2	1	63 (20 %)	5 (1)	10 (3)	16 (2)	29	60 (29 %)
5. Aplicar condiciones	3	2	0	5 (1 %)	4 (1)	0	2 (1)	2	8 (4 %)

Etapas del proceso de modelización matemática	*Foro 1*				*Foro 2*				
	Consideradas		*Sin considerar*	*Total*	*Consideradas*			*Sin considerar*	*Total*
	PI	*PF*			*Diferencia valoración*				
					1	*2*	*3*		
6. Graficar solución	0	4	1	5 (2 %)	0	5 (2)	50 (7)	0	55 (27 %)
7. Contestar pregunta original	4	4	1	9 (3 %)	0	0	2 (2)	0	2 (1 %)
8. Analizar resultado	0	7	14	21 (7 %)	2 (1)	0	6 (2)	0	8 (4 %)
9. Identificar modelo	0	1	50	51 (16 %)	0	0	0	27	27 (13 %)
Total	146 (47 %)	51 (16 %)	116 (37 %)	313 (100 %)	11 (5 %)	34 (17 %)	80 (39 %)	81 (39 %)	206 (100 %)

En términos de la tabla 9, por ejemplo, para entender la fila de la etapa *resolver la EDO*, hubo 63 UA en F1 (20 % del total de UA), de las cuales 60 fueron consideradas por los grupos al elaborar su PI, 2 al elaborar su PF y 1 no se consideró. En F2 hubo un total de 60 UA (29 % del total de UA), de las cuales un grupo consideró 5 UA y aumentó en 1 la valoración en su PF, 3 grupos tuvieron en cuenta 10 UA y aumentaron en 2 la valoración en su PF y 2 grupos consideraron 16 UA y aumentaron en 3 la valoración en su PF; 29 UA no fueron consideradas por los grupos al elaborar su PF.

Las etapas que más se mencionaron en F2, en porcentaje, fueron *resolver la EDO* y *graficar solución*, aunque también *identificar modelo* y *plantear la EDO*. Se observa que las mayores modificaciones que los grupos de estudiantes realizaron en su PF respecto a la PI se correspondieron con algunas de las etapas que más se mencionaron en los foros, es decir, *resolver la EDO* y *graficar solución*. Sin embargo, los foros no siempre tuvieron esa influencia ya que, por ejemplo, la siguiente etapa más mencionada, *identificar modelo*, no aumentó su valoración en PF. En otro sentido, la etapa *aplicar condiciones* fue una de las que más modificaciones tuvieron, pero también una de las que menos se mencionaron en el foro. Esto conduce a considerar que la frecuencia de los aspectos comentados pareció influir en la diferencia de la valoración de la PF respecto a la PI, pero no siempre, lo que requiere más investigación. Además, ninguno de los grupos incluyó la etapa *analizar resultado* en su PI, pero sí lo hicieron en su PF a pesar de las escasas aportaciones referidas a esa etapa en el foro. Quizá la frecuencia no fue lo más importante en todos los casos, sino que influyó la calidad, algo que se debería investigar en el futuro.

Por otro lado, algunos aspectos mencionados por los estudiantes en el F1 no se tuvieron en cuenta para elaborar la PI, pero sí lo hicieron en la PF. Por ejemplo, un estudiante sugirió en el F1 comprobar físicamente la solución de la EDO: «Pues considero que podríamos armar un circuito con los elementos del problema: un capacitor, un resistor y un inductor, usar un generador de funciones y un osciloscopio y observar cómo se comporta la corriente en el circuito a través de este». En la PI no se tuvo en cuenta esta consideración, pero en la PF se incluyeron gráficas de la solución observada en un osciloscopio en el laboratorio de electrónica. Esto puede indicar que, en algunos casos, el efecto de los foros no se produjo de forma inmediata, sino a medio plazo.

En tercer lugar, en el curso B, la relación entre el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* de las aportaciones de los estudiantes en los foros con las modificaciones que los grupos hicieron para mejorar sus PI mostraron diferencias significativas, por un lado, entre el *nivel de interacción* más alto, *interacciona y amplía*, con el nivel más alto de modificación de la valoración de PF respecto a PI, 3, (r = 0,829*) y, por otro, entre el *nivel de profundidad* más alto, *aportación*, con el nivel más alto de modificación de PF respecto a PI, 3 (r = 0,841*), lo que puede significar que, a mayor *nivel de inte-*

racción y *nivel de profundidad*, se realizaron más modificaciones con un tratamiento adecuado y más modificaciones con profundidad en las PI, aunque no siempre.

DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación que se presenta se basaron en una experiencia con estudiantes universitarios de ingeniería que, en grupos, debían desarrollar un proyecto que integraba la modelización matemática para acercar el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales a la realidad y para el que se utilizaron foros virtuales con el fin de fomentar la interacción, la reflexión, el trabajo colaborativo y la mejora del propio trabajo. Esta forma de trabajo no siempre es usual en los estudios de ingeniería y podría utilizarse, de esa forma o adaptada en algún sentido, como elemento de innovación o de investigación con objetivos similares o diferentes. La modelización matemática basada en la *matemática en contexto* permitió estructurar los diferentes contenidos del programa de ecuaciones diferenciales, lo cual puede ser objetivo de futuras investigaciones.

La investigación realizada permite entender que los foros virtuales podrían ayudar a que los estudiantes universitarios reflexionen sobre sus ideas, cuestionen conceptos y doten de significado a sus planteamientos, algo que coincide con trabajos previos (por ejemplo, Murillo y Marcos, 2009). Además, aunque una discusión a través de foros virtuales no permite la comunicación presencial, en este trabajo no impidió que los alumnos, en sus mensajes, comunicaran características gráficas, numéricas o algebraicas de conceptos matemáticos.

Sin embargo, la mayor parte de los mensajes de los estudiantes fueron de un *nivel de interacción* medio, resultados similares a los obtenidos por Llinares y Valls (2009), lo que confirma que una discusión mediada por foros virtuales no supone alcanzar un alto *nivel de interacción* en cualquier circunstancia y varía en función de la tarea que se desarrolla. Comparando los resultados del *nivel de interacción* entre los cursos A y B, en el F1 fueron similares, mientras que los del F2 reflejaron diferencias significativas, donde el *nivel de interacción* más alto se alcanzó cuando los grupos de estudiantes valoraron su propio trabajo frente a los que valoraron el de otros, lo cual abre una futura línea de trabajo para analizar si esos resultados son similares con los de otros estudiantes y otras tareas, e incluso en diferentes contextos, y analizar las circunstancias en que se produjeron.

En términos del *nivel de profundidad* de los mensajes de los estudiantes, en su mayor parte describieron aspectos sin involucrarse y apenas argumentaron o realizaron aportaciones a pesar de que tenían suficientes conocimientos para hacerlo, resultados que corroboran otros estudios en contextos universitarios (por ejemplo, Chamoso y Cáceres, 2009). En este sentido, este trabajo también se podría haber complementado con un estudio de casos de algunos grupos de estudiantes para analizar, por ejemplo, si el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* de los mensajes se modificaron según avanzaba su desarrollo del *Proyecto*. Por otro lado, los mensajes de los estuiantes quizá se podrían haber completado con notas de observación de clase o entrevistas a algunos estudiantes para conseguir indicios de su pensamiento.

Referido a la *influencia del foro en las modificaciones que los grupos de estudiantes realizaron al propio trabajo*, los mensajes en los foros basados en la interacción, la reflexión y el trabajo colaborativo durante el desarrollo del *Proyecto* permitieron que los estudiantes replantearan sus propias PI para mejorarlas y darles más consistencia en términos de las etapas del proceso de modelización matemática. Quizá, en ese sentido, pudo tener influencia que se tratase de la mejora del propio trabajo, algo que puede considerarse en futuras investigaciones.

De hecho, casi la totalidad de los grupos modificaron su PI en más de la mitad de las etapas. Sin embargo, la influencia de los foros no siempre fue efectiva de manera inmediata, ya que algunos men-

sajes de los estudiantes en el foro F1 no se correspondieron con modificaciones en su PI, pero sí lo hicieron con modificaciones en su PF. Esto pudo deberse a que los estudiantes no supieron considerar los mensajes en el foro en el momento de conocerlos, pero lo hicieron posteriormente para mejorar su PF quizá porque los tuvieron en mente o porque los revisaron a través de la plataforma virtual. Analizar la influencia de los foros en las modificaciones del propio trabajo a medio plazo puede ser objetivo de futuras investigaciones.

En concreto, una de las etapas del proceso de modelización matemática en la que los grupos hicieron mayores modificaciones en su PF fue la que más se mencionó en los foros, *graficar solución*. Aunque los mensajes de los estudiantes en el F1 apenas tuvieron influencia en su PI en esa etapa, sí la tuvieron en su PF. Que esos mensajes no se tuvieran en cuenta en su PI pudo deberse a que los estudiantes estaban acostumbrados a utilizar métodos analíticos de resolución, donde el aspecto gráfico suele estar ausente, pero posteriormente este aspecto fue reconsiderado. Quizá si, en las sesiones de aula, se hubiera hecho énfasis en la utilización coordinada de enfoques gráficos, numéricos y analíticos, o en la utilización de un software, los estudiantes podrían haberlo considerado (como sugiere, por ejemplo, Chaachoua y Saglam, 2006).

Llama la atención que la mayoría de los grupos de estudiantes no concedieran importancia al hecho de identificar las variables involucradas al construir un modelo matemático, así como a las leyes que gobiernan la situación real, aunque algunos lo mencionaron en sus mensajes como un aspecto que se debía considerar. Estos aspectos, que pueden parecer básicos, es posible que evidencien una dificultad de comprensión, lo que corrobora los resultados de algunas investigaciones que analizaron las dificultades que afrontan los estudiantes al traducir una situación cotidiana en un problema matemático y donde se produce una escasa comprensión al identificar las variables y constantes del sistema (por ejemplo, Rowland, 2006; Klymchuk et al., 2011; Soon et al., 2011). Que la etapa *identificar modelo* solo la modificara un grupo podría significar la dificultad de entender la diferencia entre crear un modelo de algo y crear un modelo para algo, en este caso para la vida real.

En otro sentido, esta investigación se focalizó en el trabajo de los estudiantes sin que el profesor interviniera en los mensajes en los foros. Es posible que las escasas aportaciones en las que los estudiantes interaccionaron y ampliaron sus puntos de vista con sus compañeros podrían haber sido más numerosas si el profesor, durante el desarrollo del foro, hubiera intentado que adquirieran confianza, por ejemplo, preguntándoles qué saben, qué necesitan saber y cómo podrían avanzar en su trabajo. El papel del instructor en una actividad mediada con foros virtuales es importante (Kim, 2013) y podría ser objeto de futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

Los mensajes de los estudiantes en los foros virtuales mostraron, en general, un *nivel de interacción* medio y un *nivel de profundidad* bajo. El *nivel de interacción* de los mensajes de los estudiantes varió en términos de las tareas desarrolladas en los foros, mientras que no lo hizo el *nivel de profundidad*.

Parece que los foros tuvieron influencia en algunas de las modificaciones que los estudiantes realizaron a sus trabajos, aunque esto no fue así en todos los casos. Además, esta influencia no siempre lo fue de manera inmediata, ya que algunas se tuvieron en cuenta en su PI mientras que otras lo hicieron en su PF. La frecuencia de los aspectos mencionados en los foros pudo haber influido en las modificaciones que los estudiantes realizaron a sus trabajos, aunque no siempre. Algunos grupos de estudiantes que mostraron un *nivel de interacción* y un *nivel de profundidad* mayor en sus mensajes fueron los que más modificaron sus trabajos, lo que permite abrir futuras investigaciones en este sentido.

Como limitaciones del estudio, las herramientas utilizadas para analizar el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* de los mensajes de los estudiantes, y las herramientas que fueron adaptadas para analizar las modificaciones realizadas al propio *Proyecto*, necesitarían más experimentación. Además, hay que tener en cuenta que los estudiantes y el profesor que participaron en la experiencia no estaban familiarizados con el uso de foros virtuales para desarrollar actividades académicas.

Una de las implicaciones educativas que puede derivarse de este trabajo es que los foros virtuales pueden considerarse como herramientas para desarrollar actividades que promuevan la interacción entre estudiantes y la mejora del propio trabajo y, a la vez, que los profesores puedan valorar las habilidades de pensamiento de los alumnos. Para ello, este estudio puede proporcionar un método para analizar y valorar los mensajes de los estudiantes en foros virtuales al desarrollar un proyecto u otras tareas, en términos de su interacción y profundidad, así como las revisiones que realizan de sus propios trabajos ante las escasas investigaciones previas en el contexto de matemáticas en cursos universitarios.

Sin embargo, hay que señalar que este tipo de investigación en el contexto de la educación universitaria, concretamente en ingeniería, no es habitual. Aunque se aportan algunas respuestas, se generan nuevos interrogantes que podrían suscitar nuevas perspectivas como, por ejemplo, realizar un estudio posterior en condiciones similares donde el profesor tenga un papel significativo en el desarrollo del foro, lo que podría aportar resultados diferentes. También podría llevarse a cabo el mismo estudio en un periodo más largo de tiempo o en el mismo tiempo, proponiendo que los estudiantes escriban sus reflexiones sobre su trabajo para analizar si mejoran el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* de sus mensajes. La investigación también podría repetirse utilizando otras herramientas tales como chats o blogs, y comparar con los resultados obtenidos al usar foros virtuales. Otra posibilidad sería considerar que los estudiantes realizaran un proyecto de manera individual para comparar los resultados conseguidos al revisar el propio proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado al amparo de RED8-Educación matemática y formación de profesores (EDU2016-81994-REDT), Proyecto Erasmus+Unión Europea (2017-1-ES01-KA203-038491), Proyecto del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (PGC2018-100758-B-100) y Proyecto de la Universidad de Salamanca (18.K133 USAL).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alsina, C. (2007). Teaching applications and modelling at tertiary level. En W. Blum, P. L. Galbraith, H-W, Henn y M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education. The 14th ICMI Study* (pp. 469-474). Boston, MA: Springer.

Barquero, B., Bosch, M. y Gascón, J. (2014). Incidencia del «aplicacionismo» en la integración de la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, *32*(1), 83-100. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.933

Biasutti, M. (2017). A comparative analysis of forums and wikis as tools for online collaborative learning. *Computers and Education*, *111*, 158-171. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.006

Blomhoj, M. (2004). Mathematical modelling. A theory for practice. En B. Clarke (Ed.), *International perspectives on learning and teaching mathematics* (pp. 145-159). Gotemburgo: National Center for Mathematics Education.

Blomhoj, M. (2009). Different perspectives in research on the teaching and learning mathematical modelling. En M. Blomhoj y S. Carreira (Eds.), *Mathematical applications and modelling in the teaching and learning of mathematics* (pp. 1-17). Dinamarca: Roskilde University.

Blum, W. y Borromeo-Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, *1*(1), 45-58.

Borromeo-Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *(ZDM), The International Journal on Mathematics Education*, *38*(2), 86-95. https://doi.org/10.1007/BF02655883

Cáceres, M. J., Chamoso, J. y Azcárate, P. (2010). Analysis of the revisions that pre-service teachers of mathematics make of their own project included in their learning portfolio. *Teaching and Teacher Education*, *26*, 1186-1195. https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.01.003

Camarena, P. (2004). La matemática en el contexto de las ciencias. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, *17*(I), 57-61.

Camarena, P. (2009). Mathematical models in the context of sciences. En M. Blomhoj y S. Carreira (Eds.), *Mathematical applications and modelling in the teaching and learning of mathematics* (pp. 117-131). Dinamarca: Roskilde University.

Chaachoua, H. y Saglam, A. (2006). Modelling by differential equations. *Teaching Mathematics and its Applications*, *25*(1), 15-22. https://doi.org/10.1093/teamat/hri024

Chamoso, J. y Cáceres, M. J. (2009). Analysis of the reflections of student-teachers of mathematics when working with learning portfolios in Spanish university classrooms. *Teaching and Teacher Education*, *25*, 198-206. https://doi.org/10.1016/j.tate.2008.09.007

Cheng, C. K., Paré, D. E., Collimore, L. M. y Joordens, S. (2011). Assessing the effectiveness of a voluntary online discussion forum on improving students course performance. *Computers and Education*, *56*(1), 253-261. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.024

Daher, W. y Awawdeh, J. (2015). Pre-service teachers' modelling processes through engagement with model eliciting activities with a technological tool. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *13*(1), 25-46. https://doi.org/10.1007/s10763-013-9464-2

Dyment, J. y O'Connell, T. (2011). Assessing the quality of reflection in student journals: a review of the research. *Teaching in Higher Education*, *16*(1), 81-97. https://doi.org/10.1080/13562517.2010.507308

Galbraith, P. (2012). Models of modelling: Genres, purposes or perspectives. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, *1*(5), 3-16.

Herrera, M. A. y Casado, J. (2015). Interaction analysis of a blog/journal of teaching practice. *Internet and Higher Education*, *27*, 32-43. https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.05.003

Hrastinski, S., Keller, C. y Carlsson, S. (2010). Design exemplars for synchronous e-learning: A design theory approach. *Computers and Education*, *55*, 652-662. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.02.025

Huincahue, J., Borromeo-Ferri, R. y Mena-Lorca, J. (2018). El conocimiento de la modelización matemática desde la reflexión en la formación inicial de profesores de matemática. *Enseñanza de las Ciencias*, *36*(1), 99-115. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2277

Juárez, J., Chamoso, J., González, M. y Rodríguez, M. (2015). Diseño de una experiencia con foros virtuales en un curso de matemáticas para ingenieros. En Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León (Ed.), *Las nuevas metodologías en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas* (pp. 399-405). Segovia: Junta de Castilla y León.

Jyothi, S., McAvinia, C. y Keating, J. (2012). A visualisation tool to aid exploration of students interactions in asynchronous online communication. *Computers and Education*, *58*(1), 30-42. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.026

Kaiser, G. y Schwarz, B. (2010). Authentic modelling problems in mathematic−examples and experiences. *Journal für Mathematik-Didaktik*, *31*, 51-76. https://doi.org/10.1007/s13138-010-0001-3

Kaiser, G. y Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *(ZDM), The International Journal on Mathematics Education*, *38*(3), 302-310. https://doi.org/10.1007/BF02652813

Kim, J. (2013). Influence of group size on students' participation in online discussion forums. *Computers and Education*, *62*, 123-129. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.025

Klymchuk, S., Zverkova, T., Gruenwald, N. y Sauerbier, G. (2010). Increasing engineering students' awareness to environment through innovative teaching of mathematical modelling. *Teaching Mathematics and its Applications*, *27*(3), 123-130. https://doi.org/10.1093/teamat/hrn007

Khourey-Bowers, C. (2005). Emergent reflective dialogue among preservice teachers mediated through a virtual learning environment. *Journal of Computing in Teacher Education*, *21*(4), 85-90.

Llinares, S. y Valls, J. (2009). The building of pre-service primary teachers' knowledge of mathematics teaching: interaction and online video case studies. *Instructional Science*, *37*, 247-271. https://doi.org/10.1007/s11251-007-9043-4

Lucas, M., Gunawardena, C. y Moreira, A. (2014). Assessing social construction of knowledge online: A critique of the interaction analysis model. *Computers in Human Behavior*, *30*, 574-582. https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.050

Lucas, M. y Moreira, A. (2011). Using social web tools for knowledge construction. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, *3*(2), 151-161. https://doi.org/10.1504/IJTEL.2011.039399

Murillo, R. y Marcos, G. (2009). Un modelo para potenciar y analizar las competencias geométricas y comunicativas en un entorno interactivo de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, *27*(2), 241-256.

Onrubia, J. y Engel, A. (2009). Strategies for collaborative writing and phases of knowledge construction in CSCL environments. *Computers and Education*, *53*(4), 1256-1265. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.06.008

Romero, C., López, M. I., Luna, J. M. y Ventura, S. (2013). Predicting students' final performance from participation in on-line discussion forums. *Computers and Education*, *68*, 458-472. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.06.009

Rowland, D. R. (2006). Student difficulties with units in differential equations in modelling contexts. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *37*(5), 553-558. https://doi.org/10.1080/00207390600597690

Silva, J. y Gros, B. (2007). Una propuesta para el análisis de interacciones en un espacio virtual de aprendizaje para la formación continua de los docentes. *Revista Electrónica Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, *8*(1), 81-105.

So, H. J. (2009). When groups decide to use asynchronous online discussions: collaborative learning and social presence under a voluntary participation structure. *Journal of Computers Assisted Learning*, *25*, 143-160. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2008.00293.x

Soon, W., Tirtasanjaya, L. y McInnes, B. (2011). Understanding the difficulties faced by engineering undergraduates in learning mathematical modelling. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *42*(8), 1023-1039. https://doi.org/10.1080/0020739X.2011.573867

Sun, Y. y Gao, F. (2017). Comparing the use of a social annotation tool and a threaded discussion forum to support online discussions. *Internet and Higher Education*, *32*, 72-79. https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2016.10.001

Verschaffel, L., Van Dooren, W., Greer, B. y Mukhopadhyay, S. (2010). Reconceptualising word problems as exercises in mathematical modelling. *Journal für Mathematik-Didaktik*, *31*, 9-29. https://doi.org/10.1007/s13138-010-0007-x

Interaction in virtual forums by integrating mathematical modelling to train engineers

Jazmín Adriana Juárez Ramírez
Departamento de Ciencias Básicas de la Escuela Superior de Cómputo.
Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México
jjuarezr@ipn.mx

José María Chamoso Sánchez, María Teresa González Astudillo
Departamento de Didáctica de la Matemática y Didáctica de las Ciencias Experimentales
Universidad de Salamanca, Salamanca, España
jchamoso@usal.es, maite@usal.es

Virtual forums have been used in the educational field to foster collaborative learning, reflection, thought structuring and knowledge acquisition. It has been shown that interaction through virtual forums has a positive effect, both upon the learning of students and on the quality of their work. On the other hand, teaching mathematical modelling in university courses can change students' perception of mathematics. However, its implementation in the classroom remains an urgent problem, since the university lectures on mathematics are mainly based on the study of resolution techniques with low relation to real situations.

This paper presents a study carried out with 53 students of Computer Systems Engineering in two courses (A and B) organized in groups. Virtual forums were implemented to develop a project and integrate mathematical modelling in the learning of differential equations. The research aimed to analyze both the *level of interaction* and the *level of depth* of the students' messages, as well as the *Influence of the forums on the modifications that the students made to improve their own work*. This study was based on the didactic strategy of mathematics in context to propose a process of mathematical modelling that would allow to represent a real-life situation with differential equations.

As part of the experience, students developed the mathematical model of a real situation by communicating through a forum F1 and made an electronic presentation (Initial Presentation, PI) of their work. Later, they valued the work done by other students (Course A) or by themselves (Course B) communicating through a forum F2 and from these assessments they elaborated a Final Presentation (PF). The data consisted of the students' messages in the forums, as well as the Initial Presentation (PI) and the Final Presentation (PF) of each group, which were assessed according to the stages of the mathematical modelling process. The students' messages in the forums, for each group, were divided into units of analysis (UA) in which an idea with meaning was expressed. A numerical assessment was assigned to each stage of PI and PF for each group of students depending on how they performed. To carry out the analysis each UA was categorized according, on the one hand, to the *Level of Interaction* and the *Level of Depth* and, on the other hand, to the *Influence of the forums on the modifications that the students made to improve their own work*.

The results showed that the students' messages in the virtual forums presented, in general, a medium *Level of Interaction* and a low *Level of Depth*. The *Level of Interaction* of the students' messages varied in terms of the tasks developed, not the *Level of Depth*. It seems that the forums influenced some of the modifications that the students made in their work, although this was not always the case. Moreover, this influence was not always immediate, as some of them were taken into account in the PI while others did in the PF. The frequency of the aspects mentioned in the forums may have influenced the modifications that the students made to their work, although not always. Some groups of students who showed a high *level of interaction* and a high *level of depth* in their messages were the ones who most modified their work, which opens up for future research in this regard.

One of the educational implications that can be derived from this research work is that virtual forums can be considered as tools to develop activities that promote interaction between students and the improvement of one's work and, at the same time, teachers can value the thinking skills of students.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 38-3 (2020), 179-197 https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3300
Innovaciones didácticas ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Modelo semipresencial para la formación universitaria. Aplicación a titulaciones técnicas

Blended-learning model for university training. Application to technical degrees

Paz Fernández
Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, Granada, España
pazferol@ugr.es

María del Carmen Rodríguez-Ponce
Centro de Estudios Matemáticos para las Ciencias Técnicas (CEMAT), Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE), Habana, Cuba
chacha@mecanica.cujae.edu.cu

Alicia Fernández-Oliveras
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, Granada, España
alilia@ugr.es

RESUMEN • Elaboramos un modelo didáctico innovador para el aprendizaje autónomo en la universidad en modalidad semipresencial, que incluye estructura, características didácticas de sus elementos y evaluación. Ejemplificado mediante un tema de matemáticas e implementado a través de Moodle, el modelo se aplicó en titulaciones técnicas universitarias y se realizó un control del logro de contenidos y competencias, obteniéndose una superación promedio del 70 % entre ambos aspectos evaluados. Según la validación realizada mediante consulta a expertos, el modelo es adecuado para sus objetivos. Mediante una encuesta de valoración del modelo, el alumnado participante manifestó una gran satisfacción con todos los recursos utilizados. El modelo promueve la independencia cognoscitiva y el trabajo autónomo del estudiantado, modificando el rol del profesorado, acorde con una universidad con proyección de futuro.

PALABRAS CLAVE: Modelización Didáctica; Aprendizaje Semipresencial; Innovación Educativa; Educación Superior; Enseñanza de las Matemáticas.

ABSTRACT • Here we formulate an innovative didactic model for autonomous blended-learning at the university, which includes structure, educational features of its elements and evaluation. Exemplified with a unit of mathematics and implemented through Moodle, the model is applied to technical university degrees and a control is undertaken regarding achievement of the contents and competences, reaching an average attainment of 70 % in both aspects evaluated. According to the assessment by consulting experts, the model is suited to its objectives. After an evaluation survey of the model, the participating students expressed great satisfaction with the resources used. The model promotes cognitive independence and autonomous work in students, shifting the role of the teacher in line with a future-oriented university.

KEYWORDS: Educational Modelling; Blended-learning; Educational Innovation; Higher Education; Mathematics Teaching.

Recepción: abril 2020 • Aceptación: junio 2020 • Publicación: octubre 2020

Fernández, P., Rodríguez-Ponce, M. C. y Fernández-Oliveras, A. (2020). Modelo semipresencial para la formación universitaria. Aplicación a titulaciones técnicas. *Enseñanza de las Ciencias, 38*(3), 179-197
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3300

INTRODUCCIÓN

La tecnología es el signo de los tiempos hoy; con ella se pueden optimizar los recursos humanos de la educación y atender situaciones singulares en las que el poder de la comunicación *on-line* permite asegurar las actuaciones formativas, rompiendo las fronteras de las aulas y adaptando la educación a las necesidades sociales.

Integrar metodológicamente las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la formación matemática y científica universitaria, generando una «cultura didáctica tecnológica», todavía requiere más investigación y buena práctica docente, ya que «cada materia tiene modos específicos de enseñanza y una tradición didáctica propia de sus profesores» (Bolívar, 2005, p. 6), que necesitan un estímulo para hacer el cambio de paradigma, integrando en sus aulas los sistemas didácticos a distancia *e-learning* y semipresenciales *blended-learning*, así como atendiendo a necesidades de la materia y del alumnado.

El cambio a una metodología semipresencial requiere una importante recontextualización consistente en encontrar relaciones nuevas entre el contenido y su representación mediante la investigación y la aplicación al aula por docentes dispuestos a revisar su «imagen» del saber matemático y científico.

Dada la gran importancia social de la educación semipresencial en países en los que un alto porcentaje de población simultanea vida laboral con formación superior, decidimos elaborar un modelo didáctico semipresencial para el aprendizaje en el nivel universitario, contextualizado en las matemáticas y denominado formación semipresencial con innovación curricular en matemáticas (FOSICMA). Dicho modelo tiene como fines la mejora de los aprendizajes competenciales matemáticos y científicos, el desarrollo de la independencia cognoscitiva del alumnado, el cambio de rol del profesorado y la introducción de las TIC en la metodología didáctica, apoyada en la plataforma *Moodle (Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment)*. El objetivo de este artículo es presentar el modelo FOSCIMA, mostrando su estructura, validación y un ejemplo aplicado a la enseñanza-aprendizaje de las ecuaciones diferenciales en titulaciones universitarias técnicas de ingenierías informáticas y mecánica.

ANTECEDENTES

Nos interesan los trabajos sobre modalidad semipresencial (MS) y, especialmente, los centrados en educación matemática y científica. Por ejemplo, aquellos que elaboran modelos de MS semejantes a FOSICMA en el proceso, la plataforma *Moodle* o el planteamiento (Suartama et al., 2019; Yang, 2019, el más próximo a nuestro modelo), los que muestran su fundamentación constructivista (Castillo, 2008) o las problemáticas socioeducativas que resuelve la MS, como posibilitar mayor número de matriculaciones y ahorro económico para las instituciones (Chirikov et al., 2020). Inciden en los aspectos económicos Chirikov et al. (2020), como puede ser el cálculo del coste de un curso, realizando un inusual análisis de los requisitos del instructor STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), y llamando la atención sobre su escasez y su remuneración, que debe ser acorde a su *curriculum vitae* y a la dedicación requerida por el curso. Resaltamos el trabajo de Suartama et al. (2019) por su innovación dentro de la MS, al integrar los avances de los dispositivos electrónicos móviles dentro de las herramientas tecnológicas que complementan la plataforma Moodle con gran éxito, mostrando que estas metodologías semipresenciales son el futuro para la formación universitaria.

Las publicaciones enfocadas en matemáticas o ciencias que contemplan las TIC se pueden analizar según el grado de implicación de las tecnologías o por el nivel educativo tratado.

Merecen atención las reflexiones de Romero y Quesada (2014) sobre los recursos tecnológicos que muestran el potencial de estos para superar los obstáculos específicos asociados al aprendizaje efectivo de las ciencias y su revisión de la literatura relacionada. Murga-Menoyo et al. (2011) informan de un

proyecto llevado a cabo en la universidad a distancia española, UNED, con el objetivo de poner las TIC al servicio del aprendizaje autónomo, concretamente para la elaboración de mapas conceptuales en educación ambiental. Los participantes implicados en el proyecto, implementado mediante la elaboración de una guía y una videoclase, le reconocen un notable valor para mejorar su capacidad de autoorganización.

Hay estudios donde el alumnado elabora sus propias actividades para herramientas tecnológicas como complemento de la enseñanza presencial (Navas, 2011), otros se centran en evaluar a la metodología didáctica con tecnología, MS u otros modelos, por su efectividad en el aprendizaje o por la aceptación de los usuarios, en secundaria (Lin, 2017) o en la universidad (Risnawati, 2018). Solo algunos se detienen a aclarar las tres modalidades de enseñanza con tecnología utilizadas actualmente: enseñanza presencial asistida por tecnologías, enseñanza *on-line* o telepresencial, con todo el proceso educativo a distancia y protagonismo tecnológico, y modalidad semipresencial, en la que se integran las técnicas didácticas con las herramientas tecnológicas en un todo que aglutina presencial y *on-line*, que parece la más eficaz (Lin, 2017).

En la literatura encontramos propuestas didácticas de MS con declaraciones generales de principios y actividades (Castillo, 2008), pero no tantos diseños estructurados como modelo. Tal es el caso de Yang et al. (2019), trabajo afín al nuestro por plantear la renovación metodológica en clases de matemáticas en la universidad, diseñar un modelo de MS y mostrar un ejemplo para un curso universitario de ingeniería. Esta investigación estuvo motivada por la reducción de horas de clase de la materia, que llevó a adoptar la enseñanza mixta porque ayudaba a completar las tareas estipuladas en el programa de estudios sobre álgebra lineal en un periodo de tiempo limitado, combinando las ventajas del aula tradicional y MOOC (*Massive Online Open Course*).

Respecto a los niveles educativos, en Educación Secundaria citaremos solo a Lin (2017), que realizó un amplio estudio de la efectividad de la instrucción con *Moodle* en el rendimiento del aprendizaje y las actitudes de los estudiantes hacia las matemáticas, con resultados positivos. Además, revisa investigaciones que muestran mejores logros de los estudiantes trabajando con la plataforma *Moodle* en comparación con otros enfoques, en las calificaciones y en las actitudes del estudiantado hacia las matemáticas, y recoge trabajos comparativos que comprueban cómo combinar elementos *on-line* y cara a cara tiene grandes ventajas tanto frente a la educación puramente presencial como no presencial.

La MS en la universidad se va extendiendo en los últimos años por todo el mundo. Martín-Blas y Serrano-Fernández (2009) presentan actividades con *Moodle* para un curso de física superior en Ingeniería Forestal en Madrid, encontrando un mayor interés del estudiantado por la física y favoreciendo su interacción con el profesorado y con recursos más motivadores. Haripersad (2011), preocupado por la comprensión del cálculo integral de estudiantes de ingenierías en Sudáfrica, diseña la MS tomando el modelo a distancia de Mason y la conferencia tradicional, y afirma que su alumnado alcanza un pensamiento matemático más profundo e interpretativo con las tareas planteadas de este modo.

En un curso de matemáticas para Ciencias de la Computación en Macedonia del Norte, Pacemska et al. (2012) compararon grupos homogéneos tres años consecutivos, el primero tradicional, y los otros dos con *Moodle*, y obtuvieron los mejores resultados al tercer año, debido a que en el segundo faltó dominio y aceptación de la tecnología, lo que demuestra la importancia de la aceptación de los recursos tecnológicos por parte del alumnado. También

en la titulación de Ciencias de la Computación, pero en Indonesia, Pardamean et al. (2013) hacen un estudio experimental sobre teoría de grafos en el que comparan un curso con MS basada en *Moodle* con otro con una metodología tradicional, mostrándose más eficaz la MS, que es valorada positivamente mediante un modelo de aceptación TAM (*Technology Acceptance Model*) como el que adaptamos en nuestro estudio (Davis et al., 1989). Zakaria y Daud (2013) estudian la valoración de *Moodle* que hacen estudiantes de un curso de posgrado en Educación Matemática en Malasia, la cual resulta ser muy positiva.

También en Malasia, pero en una universidad tecnológica, Said et al. (2018) diseñan un curso semipresencial de ecuaciones diferenciales ordinarias para ingenierías y ciencias que presenta semejanzas con nuestro trabajo en la temática, pero difiere en el soporte tecnológico utilizado: una plataforma MOOC. Sus resultados son muy favorables en rendimiento, comprensión y esfuerzo del alumnado participante, el 95 % del cual se siente satisfecho con la metodología empleada.

Sobre el curso de preálgebra de la Universidad de Uyo, en Nigeria, Awodeyi et al. (2014) hicieron un estudio comparado de formación presencial y MS, y concluyeron que esta era más eficiente por permitir un mejor aprendizaje y actitud hacia las matemáticas de estudiantes, tecnólogos e institución, lo que beneficia a todos los implicados en el hecho educativo. Bigotte et al. (2016) ofrecen un plan individual para superar las dificultades con las matemáticas utilizando CeAMatE-on, el Centro de Apoyo de Matemáticas en Ingeniería, un espacio destinado a monitorear a los estudiantes que asisten a un curso de cálculo diferencial e integral en Portugal, siendo un complemento de la plataforma *Moodle* muy bien valorado por los estudiantes, que promueve la construcción por el alumnado de itinerarios educativos corresponsables según el nivel cognitivo y estilo de aprendizaje preferido.

Timofeeva et al. (2019) diseñan un modelo MS con *Moodle* como plataforma de aprendizaje e investigaron su aplicación a la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en estudios de licenciatura en Rusia. Los datos del desempeño académico del estudiantado en la prueba del modelo MS sugieren que es eficiente, pero destacan que los estudiantes de nivel académico previo alto y medio aumentaron sus logros con la MS, mientras que los de nivel bajo los redujeron. Uno de los trabajos más originales por su objeto de estudio es el de Laelasari et al. (2019), que dentro de las actitudes positivas hacia las matemáticas, definen y estudian una: la resiliencia matemática, y comprobaron que, aunque la mayoría de los estudiantes de Educación Matemática obtienen bajos resultados de aprendizaje en el curso de programación lineal, aquellos que tienen una gran capacidad de sobreponerse a sus fallos y rehacer su proceso formativo lograrán el éxito, superarán los obstáculos en el aprendizaje de las matemáticas y podrán resolver problemas matemáticos difíciles. Sus resultados mostraron que la resiliencia matemática mediante el uso de MS tuvo un aumento significativo. Consideramos esto muy valorable para la MS, al ser la resiliencia la clave del éxito final para un alto porcentaje del alumnado.

MARCO TEÓRICO

Nuestro marco teórico lo delimitan la MS y su contextualización en el paradigma constructivista de didáctica de las matemáticas y las ciencias. La MS ha evolucionado en los últimos 15 años en sentido integrador, creando un ecosistema educativo que diluye fronteras y hace confluir la presencialidad y la virtualidad en un todo (Turpo, 2013).

La plataforma virtual, requerida en la MS como vehículo depositario de la información, necesita una configuración y un funcionamiento compatibles con los principios psicológicos y sociológicos del aprendizaje constructivista social. En este sentido, escogemos *Moodle* por considerarla adecuada en sus fundamentos (Romero et al., 2015).

El «trabajo autónomo» del alumnado, elemento esencial en la MS, es un medio para el desarrollo de la actividad cognoscitiva independiente, en sus dimensiones lógica y psicológica. Se caracteriza por integrar el nivel de interés del estudiante, sus motivaciones, las relaciones de lo cognitivo y lo afectivo, lo externo y lo interno, siguiendo una organización lógica. El objetivo de la aplicación del trabajo autónomo en nuestro modelo es lograr la independencia cognoscitiva del alumnado. En el proceso del conocimiento, esta se identifica por el interés y esfuerzo en aplicar métodos de autocontrol del proceso que se debe seguir en el desarrollo del trabajo y análisis de sus resultados, combinando la superación independiente de las dificultades, el tratamiento crítico de los materiales de estudio y el planteamiento constante de nuevos problemas, con la creatividad que conduce no solo a trabajar a su propio ritmo, sino también a encontrar de manera ingeniosa caminos y soluciones a sus propias necesidades cognitivas (Rodríguez et al., 2012).

METODOLOGÍA

Este trabajo se desarrolló en un proyecto que seguía el diseño ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación, evaluación) según el modelo de Hack (2016), que modifica para la formación universitaria el de Allen (2006) y muestra el producto de las fases de diseño y evaluación. Iniciamos nuestra investigación (fase de análisis) con un estudio teórico de la MS, continuamos con un análisis de cómo estaba establecida para matemáticas de ingenierías en Cuba y, tras encontrar grandes contradicciones entre teoría y práctica, concluimos que era necesaria una propuesta didáctica nueva para esta modalidad y esta materia. Se acometió la fase de diseño mediante un proceso de indagación didáctica, con partes teóricas y otras experimentales, que ha incluido el diseño y teorización fundamentada de un modelo, su validación, su ejemplificación en un tema de ecuaciones diferenciales (fases de desarrollo y evaluación) y la implementación en varias aulas de estudios universitarios de ingeniería en Cuba (fase de implementación).

La indagación didáctica teórica, partiendo de la escasez de modelos precedentes y basada en el marco de fundamentos, concluyó con el diseño del modelo FOSICMA. Este fue validado por juicio de expertos de universidades de Cuba y España, previo diseño del material de validación por el equipo investigador.

La fase de implementación se realizó en la materia Matemáticas III, de segundo año de varios grados, de la Universidad de Titulaciones Técnicas de la Habana (CUJAE), durante dos semestres, en sus siete sedes. El primer semestre se aplicó en Ingenierías Informáticas y el segundo, en Ingeniería Mecánica.

Para diseñar el sistema de evaluación se identificaron las diez competencias curriculares específicas y las siete transversales relacionadas con la materia, y se contextualizaron en el modelo FOSICMA, enlazando mediante análisis de contenido cada competencia a las actividades de aprendizaje que contribuyen a su adquisición y estableciendo relaciones pormenorizadas entre ellas. Las actividades constituyen un instrumento de medida cualitativa del logro de las competencias asociadas. Posteriormente se acometió la evaluación del alumnado por contenidos y por competencias (Fernández et al., 2018). También se recogió la valoración del

FOSICMA por parte del alumnado mediante un cuestionario de ocho ítems inspirado en el TAM (Davis et al., 1989).

ESTRUCTURA Y EJEMPLIFICACIÓN DEL MODELO DISEÑADO

El modelo didáctico semipresencial FOSICMA incluye los siguientes elementos estructurales:

- Plan calendario, que refleja las secuencias de actividades.
- Guía de trabajo del estudiante y del docente que incluye: orientaciones para el trabajo autónomo (OTA), actividades presenciales (AP) y actividades no presenciales (ANP) y utilización del libro de texto.
- Pautas para uso de la plataforma *Moodle*.

Plan calendario

El plan calendario es la distribución de las actividades en el orden en que estas deben ser ejecutadas por el alumnado para conseguir los objetivos previstos. Planifica las AP y las ANP, con igual orden de importancia, y propone el tiempo promedio para cada actividad, calculado según el momento del proceso de enseñanza-aprendizaje, el grado de complejidad del tema y los objetivos de estas.

La secuencia de actividades incluye, por semana:

a) Una *actividad presencial*, orientadora del contenido que desarrollará el alumnado en el trabajo autónomo, pero sin su abordaje explícito.
b) *Actividades no presenciales y sus orientaciones*, que son semanales y varían en cantidad y tiempo de dedicación, según el tema. Se realizan como trabajo autónomo, con el fin de desarrollar las habilidades del tema, aplicando e integrando conocimientos adquiridos hasta ese momento.
c) Una *actividad presencial de retroalimentación*, que cierra el tema. Las dudas son debatidas con el docente y colaborativamente, se realizan ejercicios y se controla el cumplimiento de las tareas propuestas.

En la figura 1 vemos la secuencia de actividades presenciales y no presenciales de cada tema.

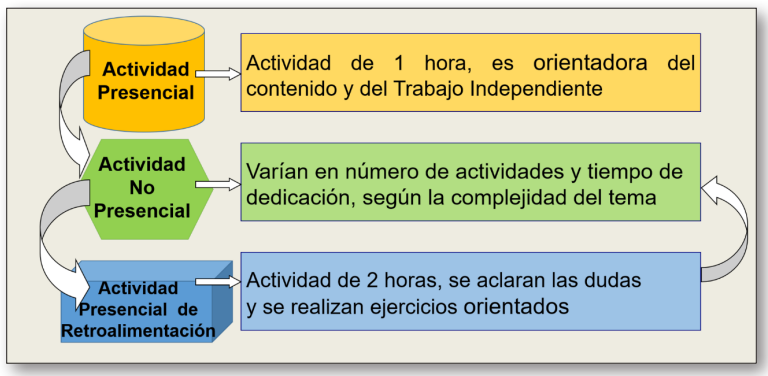


Fig. 1. Secuencia de actividades dentro de cada tema.

La secuencia de actividades, presenciales y no presenciales, que se diseñaron en el plan calendario para desarrollar todo el programa del curso Matemáticas III se muestra en la tabla 1. Se planificaron 30 actividades presenciales (para 16 semanas) que representan 40 horas del calendario curricular (42 %) y

26 actividades no presenciales con 55 horas del calendario curricular (58 %), ya que, en concordancia con las características teóricas de la MS, se dedica más tiempo al trabajo autónomo. En la tabla 1 las actividades presenciales de retroalimentación se han designado con APR, se ha indicado el número de cada actividad tras el símbolo # y su duración en horas se ha señalado entre paréntesis.

Tabla 1.
Secuencia de actividades organizadas por semanas y orden dentro de cada semana

Semana	*1.ª actividad*	*2.ª actividad*	*3.ª actividad*	*4.ª actividad*
1	AP #1 (3h)	ANP #1 (3h)	ANP #2 (2h)	
2	APR #2 (2h)	AP #3 (1h)	ANP #3 (3h)	ANP #4 (2h)
3	APR #4 (2h)	AP #5 (1h)	ANP #5 (3h)	
4	APR #6 (2h)	AP #7 (1h)	ANP #6 (2h)	ANP #7 (3h)
5	APR #8 (2h)	AP #9 (1h)	ANP #8 (3h)	
6	APR #10 (2h)	AP #11 (1h)	ANP #9 (3h)	ANP #10 (2h)
7	AP R #12 (2h)	AP #13 (2h)	ANP #11(4h)	
8	APR #14 (2h)	AP #15 (1h)	ANP #12 (3h)	ANP #13 (2h)
9	APR # 6 (2h)	AP #17 (1h)	ANP #14 (3h)	
10	APR #18 (2h)	AP #19 (1h)	ANP #16 (3h)	ANP #17 (2h)
11	APR #20 (2h)	AP #21 (1h)	ANP #18 (3h)	ANP #19 (2h)
12	AP R#22 (2h)	AP #23 (1h)	ANP #20 (3h)	ANP #21 (2h)
13	APR #24 (2h)	AP #25 (1h)	ANP #22 (2h)	ANP #23 (2h)
14	APR #26 (2h)	AP #27 (1h)	ANP #24 (2h)	ANP #25 (2h)
15	APR #28 (2h)	AP #29 (1h)		
16	ANP #26 (4h)	APR #30 (2h)		

*Los bloques temáticos del programa del curso se indican mediante el color: verde = ecuaciones diferenciales, morado = series numéricas, amarillo = métodos numéricos.

Guía de trabajo

La articulación de la guía de trabajo y los restantes medios resulta esencial. Es un material didáctico en formato impreso que orienta y facilita el aprendizaje, reforzando la actividad del profesorado. La guía incluye las actividades (AP y ANP) y las orientaciones. Ambas deben generar ambientes desarrolladores para estimular la formación de conceptos y la capacidad de resolver problemas, mediante el desarrollo de procesos lógicos de pensamiento que propicien la independencia cognoscitiva. Las características didácticas de las orientaciones son: orientar la motivación hacia el objeto de estudio, desarrollar la necesidad de aprender y facilitar el cómo hacerlo, promoviendo el sistema de actividades hacia la exploración del conocimiento desde posiciones reflexivas y autónomas.

Las AP y ANP se han diseñado teniendo en cuenta los roles del profesorado como facilitador y del estudiantado como gestor del aprendizaje. Cada actividad tiene como finalidad: *a*) la apropiación de los contenidos básicos más actualizados; *b*) el desarrollo de las competencias que deberán aplicarse en la vida profesional; *c*) la consolidación y ampliación de los contenidos a través de tareas de aprendizaje; *d*) la ejecución, profundización, integración y generalización de determinados métodos de trabajo que permitan desarrollar habilidades para utilizar los conocimientos adquiridos de modo autónomo.

Las orientaciones incluyen, para cada tema:

1. El desarrollo de las *tareas de aprendizaje* de cada actividad (ANP).
2. Los *objetivos específicos*, relevantes y evaluables, del tema.
3. El desarrollo *de orientaciones para el trabajo*, con tareas de aprendizaje intercaladas, seguidas de respuestas comentadas y acompañadas de figuras o recursos gráficos. Constituyen la parte más importante de la guía y requieren la mayor creatividad y dedicación.

Uso de la plataforma *Moodle*

Se eligió la plataforma *Moodle* por sus aplicaciones: tablón de anuncios, foro de discusión, chat y correo electrónico, que permiten al alumnado trabajar con documentos conjuntos, enviar reflexiones personales y debatir sobre un tema, lo que posibilita el autoaprendizaje y la autoevaluación. Proporciona al profesorado un seguimiento del progreso mediante: resultados de ejercicios, test de autoevaluación, participación en la comunicación y estadísticas de los itinerarios seguidos en los materiales de aprendizaje.

Contextualización temática del modelo: ecuaciones diferenciales

La presentación completa de la contextualización temática del modelo desarrollado no es viable, dada su gran extensión. Mostraremos solo algunos elementos del ejemplo que se aplicó en la asignatura Matemática III del currículo de las titulaciones técnicas mencionadas, que incluye contenidos de series numéricas (38 horas), métodos numéricos (51 horas) y ecuaciones diferenciales (26 horas), tema del cual tomamos algunos elementos para ejemplificar el modelo. La secuencia de AP y ANP se muestra en la tabla 1 con fondo verde.

Para el desarrollo de cada una de las actividades se elaboró un pequeño dosier en el que se recoge toda la información necesaria y los pasos que se han de seguir para realizarla satisfactoriamente. En la AP1 se orientan a trabajar de forma autónoma los contenidos relativos a definiciones básicas de las ecuaciones diferenciales y ecuaciones diferenciales de primer orden. En la AP3 y la AP5, lo relativo a definiciones básicas de las ecuaciones diferenciales de orden superior y a derivadas parciales, respectivamente.

A continuación, se expone, de forma genérica, la estructura y los epígrafes de las AP de todos los temas:

- Título: aparece el nombre del tema del que tratará esta actividad.
- Forma de enseñanza-aprendizaje: actividad presencial.
- Tiempo: 1 hora.
- Objetivos: se establecen en función del tipo de actividad (introducción, motivación o refuerzo) y deben ser comprensibles, motivadores y alcanzables en el tiempo asignado.
- Capítulos y epígrafes que orientar: se exponen los capítulos y epígrafes del libro de texto correspondientes a la actividad, que se deben trabajar de forma autónoma, con las orientaciones dadas.
- ¿Qué debe preparar previo a esta actividad? En este apartado se precisan los conceptos que deben dominar para autogestionar, de forma independiente pero con las orientaciones didácticas, los nuevos contenidos.
- Introducción: momento en el que el profesorado motivará el tema que se deba estudiar, vinculándolo con los conocimientos previos.
- Desarrollo: el docente orientará y estimulará el trabajo autónomo, ofreciendo los conceptos y las indicaciones que considere necesarios para poder autogestionar los nuevos contenidos.
- Conclusiones: se orientan las ANP que deben realizar para trabajar el tema tratado.

La tabla 2 muestra el texto completo de la AP1 con el ejemplo de ecuaciones diferenciales. Análogamente, para las ANP se presenta su estructura general y el ejemplo en la tabla 3.

Tabla 2.
Actividad presencial 1 del tema 1 de ecuaciones diferenciales

Actividad: AP #1 *Tema:* #1 Ecuaciones diferenciales

Título: Definiciones básicas de las ecuaciones diferenciales. Ecuaciones diferenciales de primer orden.
Forma de enseñanza aprendizaje: Actividad presencial. *Tiempo:* 1 hora.

Objetivos:
- Identificar las ecuaciones diferenciales ordinarias.
- Clasificarlas las ecuaciones diferenciales de primer orden.
- Reconocer los métodos de solución de estas para ser aplicados en las actividades no presenciales que se orientan.

Bibliografía: Zill y Wright (2015). Ecuaciones diferenciales con aplicaciones.

Capítulos y epígrafes que se deben orientar:
Capítulo 1: Epígrafes 1.1, 1.2.
Capítulo 2: Epígrafes 2.1, 2.2, 2.4, 2.5.
Capítulo 3: Epígrafes 3.1, 3.2.

¿Qué debe preparar previo a esta actividad?
Debe repasar los siguientes conceptos estudiados en Matemática I y II:
- Las propiedades fundamentales de las funciones exponenciales y logarítmicas y aplicarlas en la solución de ecuaciones algebraicas.
- Los conceptos de derivada y diferencial de funciones de una y varias variables.
- Calcular derivadas parciales de cualquier orden empleando las reglas de derivación y la regla de la cadena.
- Hallar el diferencial de funciones de varias variables.
- El concepto de primitiva o integral indefinida de una función, así como las fórmulas de integración de las funciones elementales básicas conocidas como integrales inmediatas.
- Calcular integrales definidas utilizando los teoremas fundamentales del cálculo integral, las tablas y los métodos de integración: sustitución, por partes y fracciones simples.

Bibliografía: Stewart (2008). Cálculo con trascendentes tempranas.
- Parte I para funciones de una variable, derivadas, aplicaciones y diferenciales.
- Parte II para integrales indefinidas, definidas y métodos de integración.
- Parte III para funciones de varias variables.

Introducción:
A partir del estudio del cálculo diferencial, muchas han sido las aplicaciones estudiadas sobre la derivada de una función. La modelación matemática de múltiples problemas elementales de la técnica y la ciencia aparece bajo el signo de la derivada, por lo que su solución implica resolver ecuaciones donde las variables que intervienen aparecen bajo el signo de la derivada. En el tema actual, se estudiarán los conceptos y métodos que den solución a este tipo de ecuaciones.

Desarrollo:
Del cálculo diferencial aprendieron la interpretación geométrica del concepto de derivada de una función en un punto, el cual emplearán para resolver el siguiente problema:

Hallar la ecuación de la curva que satisface que la pendiente de la recta tangente en cada punto (x, y) es igual al doble de la suma de la abscisa y la ordenada del punto, si se conoce que dicha curva pasa por el punto (1, 0).

A partir de los conocimientos que posees de Matemática I y II, debes ser capaz de modelar este problema y llegar a la ecuación: $m = 2\,(x + y)$

Como conoces, la pendiente de la recta tangente a una curva se interpreta como la derivada de la variable dependiente respecto a la independiente, por tanto, la expresión anterior es equivalente a: $\frac{dy}{dx} = 2(x + y)$ (1) con la condición dada: $y\,(1) = 0$.

La ecuación (1) tiene como una de sus expresiones , por lo que hemos llegado a una ecuación que al tener uno de sus componentes bajo el signo de la derivada se le llama ecuación diferencial.

Determinar cuál es la función $y = f\,(x)$ que satisface la ecuación constituye uno de los problemas básicos de este curso, o sea, se trata de responder a la siguiente pregunta: ¿Cómo se resuelve una ecuación diferencial y se determina la función incógnita? El éxito en este empeño depende en buena medida de la capacidad de reconocer de qué tipo es la ecuación diferencial y poder aplicar un método específico.

Las ecuaciones diferenciales (ED) son por excelencia uno de los temas de las matemáticas que mayor aplicación tienen en diversas ramas de la vida, ya sea en problemas que describen el comportamiento de fenómenos físicos, como eléctricos, mecánicos, químicos, sociológicos, económicos, entre otros, que conducen a que su modelación se realice a través de ecuaciones o sistemas de ecuaciones diferenciales.

Para lograr resolver estos problemas, primeramente deben estudiar los conceptos y teoremas y las definiciones relacionadas con las ED, conocer los diferentes tipos de ecuaciones y clasificarlas según su orden y linealidad. A partir de estas clasificaciones han de estudiar el significado de hallar la solución a una ED y los teoremas relacionados con esto.

En esta actividad profundizarán en su trabajo autónomo en todo lo relacionado con las ED clasificadas como de «primer orden», que corresponden a las ED que tienen como máxima derivada la de primer orden, como la ecuación que quedó planteada al inicio de la clase modelando el problema geométrico planteado. Estudiar los métodos de solución para estos tipos de ecuaciones, con condiciones iniciales dadas y sin estas, llegando a diferentes tipos de soluciones.

Una vez conocidos los métodos para dar solución a las ED de primer orden, estudiarán cómo estos pueden ser aplicados a la solución de tales problemas. Para aplicar las ED a la solución de problemas, deberán tener en cuenta los pasos siguientes:

1. Determinar la expresión matemática a través de una ED que modela el fenómeno, utilizando diferentes leyes de la ciencia de que se trate.
2. Determinar las condiciones iniciales que dan origen al problema.
3. Hallar la solución de la ED utilizando el método adecuado.
4. Interpretar las soluciones matemáticas obtenidas para dar respuesta adecuada a la situación real del problema.

Para el estudio de las ED y sus aplicaciones, realícelo a través de las orientaciones de las actividades no presenciales (ANP) 1 y 2, donde aparecen, además, los ejercicios que se deben resolver de forma autónoma.

Debe resolver y enviar al profesor los ejercicios que aparecen en la plataforma *Moodle* para este tema de ED de primer orden, lo que corresponde a una de las formas de su evaluación en la asignatura. En la próxima actividad presencial (AP), se aclararán las dudas que se hayan presentado en este tema durante la solución de los ejercicios orientados en las dos ANP, los cuales deben llevar a esta actividad, así como la solución de la ED que quedó modelada en esta actividad.

Las ANP tienen los siguientes componentes:

- Título: aparece el nombre del tema del que tratará esta actividad.
- Forma de enseñanza-aprendizaje: actividad no presencial.
- Tiempo: varía entre 2 y 4 horas, según complejidad del tema y momento del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Habilidades que se deben desarrollar: señala las habilidades que deben desarrollar los estudiantes durante la ejecución. Al finalizar la actividad deben ser claramente evaluables.
- Orientaciones del trabajo autónomo (OTA): están concebidas para la búsqueda y exploración del conocimiento autónomamente desde posiciones reflexivas. Se aportan ayudas pedagógicas para avanzar en el conocimiento, logrando aprendizaje desarrollador.

Para las ecuaciones diferenciales, las ANP1 y 3 se desarrollan sobre los conceptos y definiciones de las ecuaciones diferenciales en general, los métodos de solución de las ecuaciones diferenciales de primer orden y de las ecuaciones diferenciales de orden superior respectivamente, así como sobre el desarrollo de habilidades en su solución. En las ANP2, 4 y 5 se modelan y resuelven problemas a través de la solución de ecuaciones diferenciales de primer orden, de orden superior y de derivadas parciales respectivamente. La tabla 3 desarrolla la ANP1 del capítulo 1. Para el capítulo 2 existen 20 orientaciones más del mismo tipo, cuya reproducción excede la extensión de este artículo.

Tabla 3.
Actividad no presencial 1 del tema ecuaciones diferenciales

Actividad: Actividad no presencial (ANP) #1 *Tema:* #1 Ecuaciones diferenciales.
Título: Definiciones básicas de las ecuaciones diferenciales. Ecuaciones diferenciales de primer orden. Métodos de solución. *Forma de enseñanza-aprendizaje:* Actividad no presencial. *Habilidades que se deben desarrollar:* – Identificar las ecuaciones diferenciales (ED), caracterizando los componentes en cada caso. – Clasificar las ED según el tipo, orden y linealidad. – Identificar las ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) de primer orden y primer grado en los tipos: variables separables, exactas y lineales. – Aplicar el teorema de existencia y unicidad al hallar la solución de una EDO de primer orden y primer grado con condiciones iniciales. – Obtener la solución general y/o particular a partir de condiciones dadas, de una EDO de primer orden de los tipos: variables separables, exactas y lineales.
Orientación al trabajo autónomo para ANP #1: *Para el libro de texto: del capítulo 1* 1. Estudie en el *epígrafe 1.1* lo referente a las definiciones básicas y la terminología de las ecuaciones diferenciales en las páginas 2 a 8: – Estudie e interprete la definición 1.1 de ecuaciones diferenciales, concepto de gran importancia. A partir de este se apoyará para el estudio de las ecuaciones que estudiarán en todo el tema. – No existe una única vía de solución para las ED, sino que esto depende del tipo (ordinaria o parcial), del orden y de su linealidad. Estudie estos tipos de clasificaciones y proponga 3 ejemplos de ED para la AP #2, clasificándolas según dichos tres elementos. 2. A partir del conocimiento que tiene de las ecuaciones algebraicas, debe recordar que la solución de estas es aquella constante que al sustituirla en la ecuación la transforma en una identidad. Este concepto en su esencia es el mismo para las ecuaciones diferenciales, pero la solución no será el valor de una constante. Para conocer el concepto de solución de una ecuación diferencial con más rigor, estudie la definición 1.2 de la página 4. 3. Realice las siguientes tareas en los ejemplos que se orientan a partir de la página 4: – Ejemplo 1: Estudie cómo se demuestra que la función $y = \frac{x^4}{16}$ es solución de la ED $\frac{dy}{dx} - xy^{\frac{1}{2}} = 0$, aplicando lo expresado en la definición 1.2. Comprendida esta, investigue si la función $y = 0$ es solución de la misma ED. – Ejemplo 2: Rectifique el error que tiene este ejemplo, la función que es solución de la ED es $y = xe^x$, y no $y = \frac{x^4}{16}$ que es la que aparece. Después de rectificar el error y comprender dicha demostración, realícela sin mirar el texto e investigue si la función $y = 0$ es solución de la misma ED. – Según los resultados obtenidos en la tarea planteada en los ejemplos 1 y 2, respecto a la función y = 0, diga a qué conclusión puede llegar y cómo se denomina este tipo de solución. – A partir de lo estudiado en el ejemplo 2, responda a las interrogantes del ejemplo 3 y lleve estos resultados a la AP #2. – Las soluciones de las ED de los ejemplos anteriores son funciones explícitas; fundamente esta afirmación. – En el ejemplo 4 se muestra, a diferencia de los anteriores, la solución de una ED dada en forma implícita; estudie este tipo de solución y la comprobación de esta. – Observe la figura 1.1 de este ejemplo, que muestra gráficamente un conjunto de soluciones de la ED. – Además de las soluciones dadas por el texto, proponga 3 soluciones de esta ED. – ¿A qué conclusión puede llegar respecto al número de soluciones de una ED? – Si no logra responder a las preguntas anteriores, estudie el ejemplo 5, que demuestra que la solución de una ED puede ser un número infinito de soluciones. Observe la figura 1.2, que muestra gráficamente un conjunto de soluciones de la ED. Si aún tiene dudas: – Debe estudiar además el ejemplo 6, que ayudará a la comprensión de esta importante conclusión. – Demuestre en el ejemplo 7 que las funciones dadas son soluciones de la ED. – Estudie el ejemplo 8, que muestra que una función definida por partes es la solución de la ED.

4. En el ejemplo 9 se proponen tipos de solución particular y singular. Estudie además el concepto de solución general o completa de una ED en la página 9.
   – A partir de lo estudiado, diga con sus palabras cuándo se le denomina a la solución de una ED:
      – solución particular
      – solución singular
      – solución general o completa.

Dé un ejemplo de cada una y lleve estos a la AP #2.

5. Para aplicar los conceptos estudiados hasta el momento, resuelva los siguientes ejercicios del epígrafe 1.1: 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 23 y lleve estos resultados a la AP #2.
6. Estudie en el epígrafe 1.2 de la página 12 los orígenes de las ecuaciones diferenciales.
7. Investigue cómo encontrar la ED, si se conoce la función que da solución a esta, a través del estudio del epígrafe 1.2.1.
8. Apoyándose en el ejemplo 2, encuentre la ED de la familia de parábolas y = cx2; una vez obtenida la ED, compruebe que la familia de parábolas es solución de esta, sustituyendo la solución en la ED. Describa los pasos que debe seguir para este procedimiento.
9. Si no logra encontrar adecuadamente la ED:
   – Estudie el ejemplo 6 de la página 14.
   – Apoyándose en este ejemplo, determine la ED de la familia de curvas: $y = (x + c)^3$ y compruebe el resultado.

Las actividades presenciales del tipo denominado de retroalimentación (APR) tienen las siguientes componentes:

– Título: aparece el nombre del tema que tratará esta actividad.
– Forma de enseñanza-aprendizaje: actividad presencial.
– Tiempo: 2 horas.
– Objetivos: están en función de la comprobación de los conocimientos adquiridos y el desarrollo de habilidades, mediante su aplicación y generalización.
– Capítulos y epígrafes que orientar: se exponen los capítulos y epígrafes del libro de texto que deben haber estudiado independientemente con las orientaciones dadas.
– Desarrollo: los estudiantes desarrollan las tareas de las ANP a través de la plataforma *Moodle* y realizan preguntas sobre aspectos teóricos trabajados de forma autónoma. El profesorado aclara las dudas.
– Conclusiones: los estudiantes exponen lo aprendido respecto a aplicación y generalización de la temática. El docente concluye consolidando aspectos esenciales para asegurar su mejor comprensión. Los estudiantes llevan resueltos los ejercicios orientados en las ANP que le anteceden. El profesorado aclara las dudas y realiza el control de cómo se ha desarrollado el proceso de aprendizaje según las competencias definidas para cada caso. Para el ejemplo de ecuaciones diferenciales, las APR2, 4 y 6 cierran el tema de estudio (tabla 1).

Evaluación del alumnado

Se realizó la evaluación de los contenidos y las competencias logrados por el alumnado en modo continuo (mediante elementos de la plataforma *Moodle*) y final (mediante pruebas presenciales escritas, con ítems de aplicación de conocimientos), cuyos resultados fueron satisfactorios (el 64 % superan contenidos y el 70 % competencias). Sintetizamos el modo de evaluación del modelo recogido en Fernández et al. (2018).

Los elementos didácticos que componen el método de evaluación por competencias diseñado son: el portafolio, las pruebas presenciales y los criterios de valoración de aprendizajes. El proceso de evaluación constitutivo del método comprende tres fases conceptual y temporalmente diferenciadas: la evaluación frecuente (o continua), la evaluación parcial y la evaluación final. La evaluación frecuente

incluye elementos del portafolio, prueba presencial corta, oral o escrita. Los elementos del proceso de las evaluaciones parciales y evaluación final son: prueba parcial presencial, que cierra el tema, y prueba final escrita, donde el estudiante integra los contenidos trabajados de ecuaciones diferenciales y mide las competencias desarrolladas en conjunto. Se sintetizan en la figura 2 estos elementos y su flujo de actuaciones.

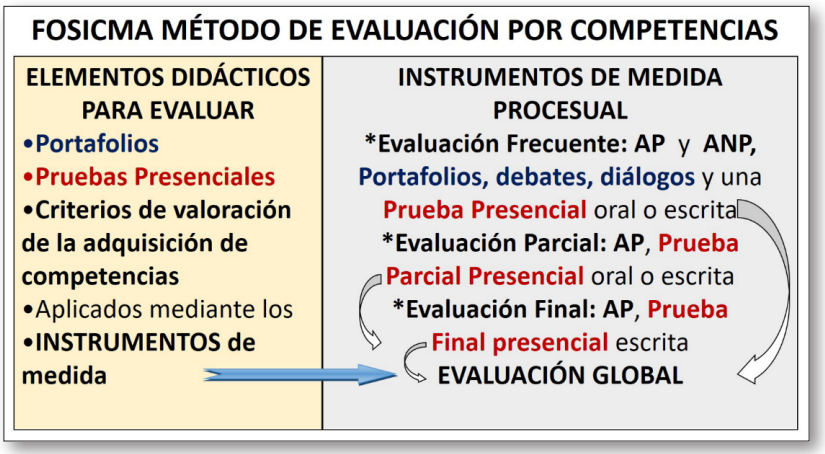


Fig. 2. Método de evaluación de FOSICMA (modificado de Fernández et al., 2018).

Validación del modelo

Se validó el modelo mediante juicio de siete expertos, dos de la Universidad de Titulaciones Técnicas de la Habana y cinco de la Universidad de Granada, que analizaron los materiales y respondieron a un cuestionario de diez ítems de valoración con escala Likert (0-4). Los enunciados de los ítems I a VIII son:

«Los elementos del modelo:

1. Tienen un lenguaje comprensible.
2. Permiten avanzar en el aprendizaje del tema, según las características individuales.
3. Están didácticamente concebidos para el logro de la independencia cognitiva.
4. Permiten la apropiación de conceptos.
5. Aprenden con ellos a resolver ecuaciones diferenciales.
6. Permiten aplicar las ecuaciones diferenciales a la solución de problemas.
7. Ayudan a generalizar métodos de modelación de sistemas físicos resueltos por ecuaciones diferenciales.
8. Son viables para el estudio autónomo, al nivel de los nuevos planes de estudios».

Los resultados de las respuestas dadas a estos ítems valoraron de excelente (3-4) los elementos del modelo. En el ítem IX, se debe valorar de 0 a 3 una lista de competencias que se pueden lograr con este modelo. Todos los expertos valoraron positivamente la influencia de las orientaciones en las cinco competencias consideradas. La tabla 4 muestra dichas competencias y sus valoraciones.

Tabla 4.
Resultados estadísticos del ítem IX de la consulta a expertos para validar FOSICMA

Competencias que pueden lograr los estudiantes a través del uso de las orientaciones para el trabajo autónomo:	*Rango de valoración/ /Frecuencia*				*Media*	*Moda*	*Mediana*
	0	*1*	*2*	*3*			
1. Búsqueda de fuentes de información para la solución de la tarea de aprendizaje	0	3	2	2	1,85	1	2
2. Elaboración de estrategias de aprendizaje para el estudio de nuevos contenidos	0	0	6	1	2,14	2	2
3. Solución de ejercicios o tareas de aprendizaje que propician el estudio de nuevos contenidos	0	0	4	3	2,42	2	2
4. Solución de tareas de aprendizaje con aplicación de contenidos estudiados a soluciones prácticas	0	2	3	2	2	2	2
5. Solución de tareas de aprendizajeintegradoras de contenidos del tema estudiado	0	1	4	2	2,14	2	2

Del ítem X, de opiniones abiertas, se hizo estudio cualitativo, y se obtuvieron las categorías: permite avanzar en autoaprendizaje; es una guía para el nivel superior; contempla las diferencias individuales; busca la relación de experiencias anteriores con nuevos contenidos, propicia actitudes y capacidades de transformación. En general, los expertos concluyeron que FOSICMA es un método de MS enriquecedor para la formación universitaria.

Valoración del modelo por los participantes

Se realizó una encuesta de evaluación del modelo utilizado al estudiantado y se obtuvo su valoración. Se determinó estadísticamente el tamaño de la muestra representativa: 55 estudiantes. Para el análisis de los datos se agruparon las preguntas en tres variables que identifican las tres etapas del trabajo autónomo: orientación, ejecución y control. La variable orientación (tabla 5) se mide mediante los ítems 1 a 3 (naranja), la de ejecución, con los ítems 4, 5, 7 y 8 (azul), la variable control, mediante el ítem 6 (gris) y el porcentaje de aprobados, en la evaluación final.

A continuación, se indican los enunciados de las preguntas y los pesos asignados a cada una:

1. ¿Utilizó las OTA dadas para prepararse entre cada encuentro presencial? (Peso: 0,3)
2. ¿En la OTA, estaban de forma clara y precisa los conceptos que se debían estudiar? (Peso: 0,3)
3. ¿Resultó la OTA una guía adecuada para prepararse de modo autónomo? (Peso: 0,4)
4. ¿Las OTA permitieron adquirir los contenidos y ejercitarse en cada tema? (Peso: 0,3)
5. Disponibilidad de materiales didácticos que facilitan acometer las OTA (Peso: 0,2)
6. ¿Está preparado en el tema de ecuaciones diferenciales después de realizar el trabajo autónomo y aclarar las dudas surgidas durante el estudio? (Peso: 0,3)
7. ¿Las OTA del tema de ecuaciones diferenciales, respecto a las del resto de los temas de la asignatura, contribuyeron más a la preparación individual? (Peso: 0,2)
8. ¿Se rectifican los errores cometidos y se aclaran las dudas que surgen durante el trabajo independiente? (Peso: 0,4).

La tabla 5 muestra los resultados. Todas las variables tienen un valor superior al 90 % de valoraciones muy adecuado (MA) y adecuado (A), por lo cual se concluye que el alumnado participante considera el modelo notablemente adecuado.

Tabla 5.
Síntesis del análisis estadístico de la encuesta valorativa realizada a una muestra del alumnado

Ítem	MA	%MA	A	%A	NA	%NA	NO	%NO	MA+A	*% MA+A*
1	18	32,7	32	58,2	5	9,1	0	0,0	50	*90,9*
2	33	60,0	21	38,2	1	1,8	0	0,0	54	*98,2*
3	25	45,5	28	50,9	2	3,6	0	0,0	53	*96,4*
4	27	49,1	23	41,8	5	9,1	0	0,0	50	*90,9*
5	31	56,4	19	34,5	5	9,1	0	0,0	50	*90,9*
6	46	83,6	7	12,7	2	3,6	0	0,0	53	*96,4*
7	16	29,1	38	69,1	1	1,8	0	0,0	54	*98,2*
8	21	38,2	32	58,2	2	3,6	0	0,0	53	96,4

*Se agruparon las respuestas en muy adecuado (MA), adecuado (A), no adecuado (NA) y no opina (NO)

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Presentamos el modelo FOSICMA y sus objetivos de mejora de los aprendizajes competenciales matemáticos y científicos, mediante el desarrollo de la independencia cognoscitiva del alumnado y la introducción de las TIC como metodología, describiendo su estructura general aclarada con un ejemplo, su validación y aceptación por el estudiantado participante. También situamos el modelo en el panorama mundial de MS para educación universitaria, revisando trabajos que destacan por asemejarse al nuestro o por su singularidad y actualidad.

Se ha conseguido innovar en docencia universitaria, desarrollando un modelo válido por la coherencia entre sus fundamentos, objetivos y elementos operacionales, quedando patente en su metodología y en su validación realizada por expertos. Además, la valoración del FOSICMA por el estudiantado participante resulta muy positiva.

El modelo es paradigmático, ya que reúne características extrapolables a otros temas y currículos científicos. Para facilitarlo, se ha mostrado un ejemplo contextualizado en ecuaciones diferenciales que puede ser de utilidad en el ámbito de la matemática universitaria para las ingenierías.

En cuanto a la tecnología, la plataforma *Moodle*, depositaria de los recursos, ha sido muy bien valorada en todos los estudios consultados en los que fue utilizada. La innovación en *Moodle* de Suartama et al. (2019), que incluye los dispositivos móviles como herramienta educativa, marca un nuevo hito y predice que la MS es la opción del futuro.

Todo ello promete la utilidad de nuestro modelo para desarrollar en la docencia universitaria, de cualquier materia científica, la adquisición de competencias de autogestión de la información, tan necesarias hoy día para todos los ciudadanos y especialmente para los que opten por incluir en su trayectoria vital la formación académica junto al desempeño laboral. También aportamos un modelo compatible con un enfoque resiliente para instituciones que tengan como meta una universidad con proyección de futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, W. C. (2006). Overview and evolution of the ADDIE training system. *Advances in Developing Human Resources*, *8*(4), 430-441. https://doi.org/10.1177/1523422306292942.

Awodeyi, A. F., Akpan, E. T. y Udo, I. J. (2014). Enhancing teaching and learning of mathematics: adoption of blended learning pedagogy in University of Uyo. *International Journal of Science and Research*, *3*(11), 40-45.

Bigotte, M. E., Gomes, A., Branco, J. R. y Pessoa, T. (2016). The influence of educational learning paths in academic success of mathematics in engineering undergraduate. En *2016 IEEE Frontiers in Education Conference* (pp. 1-6). Nueva York: IEEE. https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757453.

Bolivar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, *9*(2), 1-39.

Castillo, S., (2008). Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. *RELIME*, *11*(2), 171-194.

Chirikov, I., Semenova, T., Maloshonok, N., Bettinger, E. y Kizilcec, R. (2020). Online education platforms scale college STEM instruction with equivalent learning outcomes at lower cost. *Science Advances*, *6*, 15. https://doi.org/10.1126/sciadv.aay5324

Davis, F. D., Bagozzi, R. P. y Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science*, *35*, 982-1003.

Faturrahman, M., Ibrahim, Kahar, M. S., Arsyad, R. y Rawi, R. D. P. (2018). Development of learning media based on MOODLE integrated with blended learning in mathematic learning process at SMA Muhammadiyah Al-Amin Sorong. En I Con-ITSD, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 175, pp. 012202-1-012202-6). Brístol: IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1755-1315/175/1/012202.

Fernández, P., Rodríguez-Ponce, M. C. y Oliveras, M. L. (2018). Evaluación por competencias en la aplicación de un modelo semipresencial a las matemáticas de titulaciones técnicas universitarias. *Redimat - Journal of Research in Mathematics Education*, *7*(1), 38-68. http://doi.org/10.17583/redimat.2018.2191.

Hack, G. (2016). An instructional design model for blended higher education. *Journal of Learning and Teaching in Digital Age (JOLTIDA)*, *1*(2), 2-9.

Haripersad, R. (2011). Deep and surface learning of elementary calculus concepts in a blended learning environment. *International Journal of Mathematics and Computers in Simulation*, *5*(4), 291-298.

Laelasari, Darhim y Prabawanto (2019). Analysis of students' mathematical resilience ability on linear program material through blended learning. En *5th ICMSE2018, Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1321, pp. 032065-1-032065-8). Brístol: IOP Publishing. http://doi:10.1088/1742-6596/1321/3/032065.

Lin, Y. W., Tseng, C. L. y Chiang, P. J. (2017). The effect of blended learning in mathematics course. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, *13*(3), 741-770. https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00641a.

Martín-Blas, T. y Serrano-Fernández, A. (2009). The role of new technologies in the learning process: Moodle as a teaching tool in physics. *Computers & Education*, *52*, 35-44.

Murga-Menoyo, M. A., Bautista-Cerrom, J. y Novo, M. (2011). Mapas conceptuales con *CMAP TOOLS* en la enseñanza universitaria de la educación ambiental. Estudio de caso en la UNED. *Enseñanza de las Ciencias*, *29*(1), 47-60. https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n1.531.

Navas, N. G. (2011). Utilización de un sistema Blended Learning en el módulo de energías renovables. *Revista Eureka*, *8*(2), 171-179. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i2.

Pacemska, T. A., Pacemska, S. y Zlatanovska, B. (2012). Moodle as a teaching tools in mathematics-case study in University «Goce Delcev» Stip. En *Yearbook, Faculty of Computer Science, Goce Delcev University de Stip*. Stip, Macedonia del Norte: Goce Delcev University.

Pardamean, B., Suparyanto, T. y Kurniawan, R. (2013). Assessment of graph theory e-learning utilizing learning management system. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, *55*(3), 353-358.

Risnawati, R., Zubaidah A. y Novita S. (2018). The development of learning media based on visual, auditory, and kinesthetic (VAK) approach to facilitate students' mathematical understanding ability. En *2nd International conference on statistics, mathematics, teaching, and research, IOP Journal of Physics: Conf. Series* (Vol. 1028, pp. 012129-1-012129-8). Brístol: IOP Publishing. http://doi:10.1088/1742-6596/1028/1/012129.

Rodríguez, M. C., Vega, G., Oliveras, M. L. y Fernández, P. (2012). Orientaciones didácticas del trabajo independiente en matemáticas. V Taller sobre la Enseñanza de la Matemática para Ingeniería y Arquitectura. En *16 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura.* La Habana: CCIA 2012.

Romero, M. y Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, *32*(1), 101-115. http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433.

Romero, J., Sola, T. y Trujillo J. M. (2015). Posibilidades didácticas de las herramientas Moodle para producción de cursos y materiales educativos. *Digital Education Review*, *28*, 59-76.

Said, J. M., Arul, E., Razak, S. A., Yahya, N. A. y Jamian, N. H. (2018). The design and implementation of massive open online course (MOOC) for Ordinary differential equations. *International Journal of Engineering & Technology*, *7*(4.33), 119-122.

Suartama, I. K., Setyosari, P. y Ulfa, S. (2019). Development of an instructional design model for mobile blended learning in higher education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, *14* (16), 4-22. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i16.10633.

Timofeeva, E., Grigoryan, L. A., Marchenko, T. V. y Khalatyan, K. A. (2019). A model of mathematics distance learning in university training e-environment. En J. Rugelj y M. Lapina (Eds.), *Proceedings of SLET-2019*, *International Scientic Conference Innovative Approaches to the Application of Digital Technologies in Education and Research, Stavropol* (pp. 20-23). Dombay: CEUR Workshop Proceedings.

Turpo, O. (2013). Perspectiva de la convergencia pedagógica y tecnológica en la modalidad Blended Learning. *RED, Revista de Educación a Distancia*, *39*. Sin paginación. http://www.um.es/ead/red/39.

Yang, Y., Zhang, Q., Liu, B., Wang, L. y Kong, X. (2019). Case design of linear algebra hybrid teaching model under problem-based learning. *International Journal of Information and Education Technology*, *9*(9), 618-622. https://doi.org/10.18178/ijiet.2019.9.9.1277.

Zakaria, E. y Daud, M. Y. (2013). The role of technology: MOODLE as a teaching tool in a graduate mathematics education course. *Asian Journal of Management Sciences & Education*, *2*(4), 146-152.

Blended-learning model for university training. Application to technical degrees

Paz Fernández
Departamento de Ingeniería Civil,
Universidad de Granada,
Granada, España
pazferol@ugr.es

María del Carmen Rodríguez-Ponce
Centro de Estudios Matemáticos
para las Ciencias Técnicas (CEMAT),
Universidad Tecnológica de La Habana
José Antonio Echeverría (CUJAE),
Habana, Cuba
chacha@mecanica.cujae.edu.cu

Alicia Fernández-Oliveras
Departamento de Didáctica
de las Ciencias Experimentales,
Universidad de Granada,
Granada, España
alilia@ugr.es

Here we formulate a didactic model of blended learning (BL) for university training; innovative in that it encourages autonomous learning and that it achieves general as well as specific professional skills in students. The goal in applying autonomous work through our model is to instil cognitive independence in students. This is thus identified through the interest and effort with which the student applies self-control methods while undertaking work and analysing its results, combining independent self-improvement related to learning difficulties, critical examination of the materials, and the continual solving of new problems with creativity. For this purpose, an educational sequence is established involving in-class as well as out-of-class activities for students, backed up by didactic elements and technological resources that make up its integral BL structure, constituting an educational environment that blurs the division of in-person and virtual learning, thereby blending the two into a totality.

Our model includes the following structural elements: a timetable, which reflects the sequence of activities, a work guide for the student and teacher, with directions for the autonomous work, in-class activities (IA) and out-of-class activities (OA), the use of the textbook, as well as guidelines for using Moodle. This platform was chosen for being appropriate in its fundamentals and for providing didactic principles based on a constructivist paradigm, in harmony with the other elements of the model. The process of evaluating the model itself entails three phases, which are both conceptual and temporal: ongoing evaluation, which includes elements of the portfolio and short in-class tests; the partial evaluation with a combined test and the final evaluation with a final written exam, where the student integrates the contents of the work assigned and measures the overall skills developed.

Exemplified with a unit of mathematics, the model is applied to technical university degrees, and a control is undertaken regarding achievement of the contents and competences, reaching an average attainment of 70 % in both aspects evaluated. An example of the content of the work plan, the guide with its directions, and the IA as well as OA dealing with the first unit of the thematic block of differential equations are thus provided. The directions for each unit included: the undertaking of tasks for learning in each activity; the major and gradable specific aims of the topic; and the guidelines for the work, with alternating tasks followed by answers with comments and graphic material. According to the validation carried out by consulting experts, who analysed the materials and responded to a questionnaire of 10 assessment items on a Likert scale, the model is suitable for its objectives. Moreover, the students filled out an evaluation form for the model used, consisting of eight items on the directions, the availability of the materials, and the relation with the teacher. As a ninth indicator, the percentage of passing grades in the final exam was added. The nine indicators were deemed very suitable, suitable, or unsuitable. For the data analysis, we grouped them in three variables that identified the three stages of the independent work: directions, execution, and control. In more than 90 % of the evaluations, the three variables were deemed very suitable or suitable. That is, the students participating considered the model highly appropriate. This work was undertaken within a project with the following phases: analysis, design, development, implementation, and evaluation. Of these, we show the product of the design and evaluation. Additionally, we place the model in the worldwide panorama of BL for university education, having reviewed works that are outstanding for their similarity to ours and for their singularity and state-of-the-art approaches. Lastly, the model constitutes a paradigm itself, bringing together characteristics that can be extrapolated to other topics and different scientific curricula.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 38-3 (2020), 199-217
Innovaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2830
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Espacios artísticos para vivir las ciencias en Educación Infantil

Artistic Spaces for Experiencing Science in Early Childhood Education

Ester Mateo, Sandra Cisneros, Luis Miguel Ferrer
Dpto. Didácticas Específicas. Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Zaragoza (España).
emateog@unizar.es, sandracis17@gmail.com, luismifb@unizar.es

Alicia Muñoz, Amparo Hervas
CEIP Fernández Vizarra, Monzalbarba (Zaragoza, España).
amparohervas@colegiofernandezvizarra.com, aliciamunoz@colegiofernandezvizarra.com

RESUMEN • Este trabajo presenta el diseño, planificación, implementación en el aula y análisis de una secuencia de ocho sesiones de instalación artística que posibilitan el aprendizaje de contenidos científicos en el alumnado de Educación Infantil (EI). Se analiza desde una perspectiva descriptiva cómo las actividades les permiten experimentar con los objetos que configuran cada instalación para descubrir los procesos científicos que implican sus acciones, verbalizarlos, pensar en lo que ocurre y conocer de este modo la ciencia que hay a nuestro alrededor.

PALABRAS CLAVE: Ciencias de la naturaleza; Educación Infantil; Educación sensorial; Experimentación.

ABSTRACT • This article presents the design, planning, classroom implementation and analysis of a sequence of eight artistic installation sessions that make it possible for early-childhood pupils to learn scientific content. Using a descriptive perspective, the study analyses how the activities allow researchers to experiment with each installation's object to discover the scientific processes involved in their actions, verbalise them, think about what is happening and thus know the science around us.

KEYWORDS: Science; Early Childhood Education; Sensory Education; Experimentation.

Recepción: noviembre 2018 • Aceptación: mayo 2019 • Publicación: noviembre 2020

Mateo, E., Cisneros, S., Ferrer, L. M., Muñoz, A. y Hervas, A. (2020). Espacios artísticos para vivir las ciencias en Educación Infantil. *Enseñanza de las Ciencias, 38*(3), 199-217.
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2830

INTRODUCCIÓN

Los primeros años de nuestra vida son el momento de descubrir y explorar nuestro entorno atendiendo a la fuerza intrínseca que nos mueve a ello para satisfacer el deseo y la curiosidad de conocer todo cuanto nos rodea. Por tanto, las experiencias que obtenemos al inicio de nuestra vida son decisivas y están cargadas de significados, ya que implican un primer acercamiento a los diversos aspectos del mundo en el que crecemos y nos desarrollamos (Fernández y Bravo, 2015; Vega, 2012).

Son numerosos los enfoques pedagógicos y metodológicos que centran sus planteamientos en mirar y escuchar al niño o la niña, en permitirles *ser*, y en acompañarlos en la construcción de sus aprendizajes a su ritmo, desde el respeto, favoreciendo el desarrollo de sus destrezas y capacidades. Para ello, es necesario hacer de la escuela un lugar verdaderamente enriquecedor para la infancia, una escuela en movimiento y, en definitiva, ofrecer la oportunidad de que la escuela sea *su* espacio (Díez Navarro, 2013).

Si relacionamos estas aportaciones con el aprendizaje de las ciencias en Educación Infantil (EI), obtenemos que los niños y niñas interaccionan con el medio natural que les rodea y de esa interacción surgen sus primeros aprendizajes, tanto motrices como sensoriales y cognitivos. De sus experiencias cotidianas extraerán aprendizajes intuitivos y casuales, pero si los animamos a ponerse las «gafas» de las ciencias, estaremos ayudándoles a construir explicaciones del mundo basadas en criterios científicos (García-Carmona, Criado y Cañal, 2014). La ciencia permitirá a los niños y niñas encontrar respuestas a las preguntas que se hacen sobre los fenómenos que observan, mostrando su potencial para aprender indagando sobre el mundo físico (Cruz Guzmán, García-Carmona y Cañal, 2017). En este sentido, cabe señalar que nunca es demasiado pronto para empezar a enseñar y a aprender ciencias. Además, es importante enseñarlas, ya que no podemos privar a los pequeños del placer y la emoción que supone observar, descubrir y comprender el mundo que les rodea (Eshach y Fried, 2005). En este sentido, como promueve la normativa educativa en EI (BOE, 2007), el acercamiento a la realidad debe ser un proceso global, que parta de las experiencias que van adquiriendo a través del juego y que potencie aprendizajes que permitan establecer relaciones y construir significados más amplios y diversificados.

A pesar del consenso sobre la importancia de trabajar las ciencias en etapas escolares iniciales, son escasas las investigaciones en Didáctica de las Ciencias Experimentales sobre cómo se tratan los contenidos científicos en las aulas de EI. Es decir, qué contenidos se trabajan, cómo se enseñan y qué y cómo aprende el alumnado en nuestro sistema educativo (Cantó, de Pro y Solbes, 2016). Para poder contestar a estos interrogantes es necesario escuchar a los maestros/as en activo y trabajar junto a ellos en sus aulas. Por otra parte, si queremos que las investigaciones realizadas desde el área lleguen a las aulas y la formación de los futuros maestros sea lo más próxima a la realidad docente actual, la colaboración entre profesor/a-investigador/a universitario y docente en activo debe ser fluida y continua. Por ello, es necesario establecer colaboraciones entre ambas instituciones.

Con la mirada puesta en dicho horizonte, en este trabajo se persigue contribuir a la difusión de actividades sobre ciencias que se realizan en EI trabajando en interacción universidad-escuela. El tópico de este trabajo es la configuración de espacios de experimentación como escenarios para el aprendizaje y el descubrimiento lúdico y colaborativo de las ciencias en EI. Esta propuesta se basa en el concepto de instalación, propio del arte contemporáneo (Larrañaga, 2001), trasladado al ámbito educativo. Estas actividades inciden en diversos aspectos de las tres áreas del segundo ciclo de EI (conocimiento de sí mismo y autonomía personal, conocimiento del entorno y los lenguajes: comunicación y representación) debido a que se basan en el juego como recurso metodológico, en la observación, experimentación y manipulación libre de los objetos y materiales propuestos a través de los sentidos y en la utilización del lenguaje oral y gráfico para comunicar los procesos y resultados obtenidos durante la sesión y construir los contenidos de ciencias a partir de ellos.

MARCO TEÓRICO

En esta propuesta se tiene en cuenta que la base del aprendizaje en EI es en gran medida perceptual; se podría decir que los niños/as poseen una capacidad innata de explorar el medio: necesitan llenarse de sensaciones y conocer el mundo que les rodea a través de los sentidos: tocar, lamer, escuchar, observar y olfatear (Vega, 2012). Estas acciones son el primer paso para comprender lo que ocurre a su alrededor. La percepción a través de los sentidos siempre va unida a sentimientos, de esta manera, no captamos el mundo tal como es, sino tal y como lo interpretamos: con placer, con dolor, con alegría, con repugnancia, etc. Por ello, es necesario trabajar las emociones unidas a las percepciones compartiendo e interiorizando dichos sentimientos. Al mismo tiempo, el pensamiento se puede construir gracias a la captación del mundo exterior y al sentimiento que provoca esa percepción. Finalmente, el lenguaje permite analizar lo que percibimos a nivel sensorial para darle sentido y significado (De Puig, 2004).

Se considera necesario ofrecer al alumnado de EI la oportunidad de experimentar libremente con los objetos y materiales en un espacio de relación para iniciarse en el aprendizaje de las ciencias. En referencia al término *experimentar libremente*, nuestra intención no es caer en el activismo y con ello únicamente en «dejar hacer», sino que relacionamos esta idea con el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de la indagación en el aula de ciencias, pues la propuesta que se expondrá en este trabajo podría ubicarse en un estadio «preinicial» dentro de los cuatro niveles de indagación en el aula señalados por Windschitl (2003). De este modo, el planteamiento que se propone a continuación implica el diseño y la planificación de una estructura concreta, ya que las investigaciones señalan que en niveles educativos iniciales tienen mayor eficacia los enfoques estructurados que los abiertos para la construcción de modelos por parte del alumnado, pues solo resultan más eficaces los enfoques abiertos si el grupo dispone de cierto grado de conocimientos, es decir, saber y saber hacer (Kirschner, Sweller y Clark, 2006). Por ello, es necesario enseñar al alumnado a observar intencionadamente, a establecer semejanzas y diferencias y a hacer grupos estableciendo criterios de clasificación, entre otros procedimientos científicos, desde sus primeros años de escuela para iniciarse en el aprendizaje de las ciencias. Si queremos que los niños aprendan estos contenidos procedimentales, el profesorado a de dedicar tiempo a enseñarlos creando situaciones intencionadas que permitan trabajarlos (de Pro, 2013), eligiendo espacios que permitan actuar y materiales ricos sensorialmente (Vega, 2012; Fernández y Bravo, 2015) y planteando preguntas, indicaciones y gestos que hagan que los niños y las niñas observen, actúen y piensen (Hsin y Wu, 2011). Hinojosa y Sanmartí (2016) establecen una metodología para indagar en las aulas de ciencias basada en preguntas, estableciendo para el nivel de 3 a 7 años actividades focalizadas en la manipulación y la observación y con estructuras abiertas.

Tyler y Peterson (2004) caracterizan diferentes niveles de razonamiento científico en el alumnado de EI teniendo en cuenta si utilizan las evidencias para generar y evaluar conocimiento: 1) razonamiento basado en los fenómenos: no se distingue la explicación y la descripción, 2) razonamiento basado en relaciones: la explicación surge de los datos observados y 3) razonamiento basado en modelos: los modelos se evalúan a través de las evidencias. Se observa que el tipo de tarea que se plantea hace que los niños y las niñas tiendan a usar uno u otro razonamiento. En este trabajo, exploramos qué tipo de razonamientos hacen los niños/as que participan en las instalaciones propuestas.

Antes de referirnos al eje central de este trabajo, la vinculación de las instalaciones artísticas con el ámbito educativo, es pertinente exponer en qué consiste una instalación desde el punto de vista artístico. Larrañaga (2001) establece que la instalación en arte contemporáneo hace uso del espacio y los objetos que forman parte de ella sirven como medio para comunicarse con su público, convirtiéndose ambos en elementos con gran carga simbólica y con un compromiso mutuo implícito, característico del arte vivo.

En los últimos años, se han utilizado las instalaciones con fines educativos. Existen experiencias donde las maestras basan su práctica educativa en la construcción de conocimiento a través del juego y la simbolización en las instalaciones (Lapolla, Mucci y Arce, 2019). En concreto, para nuestra propuesta hemos tomado como referencia los trabajos de Abad (2009), donde realiza un amplio y profundo estudio sobre las posibilidades que ofrecen las instalaciones artísticas a nivel pedagógico para trabajar la educación artística en EI.

Aun centrándose en el área artística, Abad (2009) afirma que las instalaciones tienen una capacidad integradora de diferentes disciplinas que puede ser utilizada por otras áreas de conocimiento. De esta manera, se considera interesante el potencial de dichos espacios para trabajar las ciencias en EI, pues sus características estructurales y las acciones que permiten realizar al alumnado posibilitan de manera directa los aprendizajes de tipo científico. Se propone, por tanto, la siguiente definición de «instalación científica»: espacio de experimentación libre configurado por componentes[1] ricos en propiedades sensoriales y mecánicas perceptivas a través de los sentidos, organizados de modo que en su conjunto brinden una experiencia estética[2] en el alumnado. Se trata de que el docente genere un ambiente físico propicio para el aprendizaje de las ciencias en su propia aula, facilitando la elaboración de pensamiento, proporcionando emoción en el descubrimiento y placer en la transformación (Abad, 2009).

En estas situaciones el alumnado entra en un escenario en el que hay un orden establecido que, mediante sus propias acciones, se transformará en un «caos», es decir, se perderá toda la estructura y orden inicial, ya que el niño o la niña tiene la capacidad y la necesidad de transformar los espacios constantemente y de tener un espacio propio construido por y para sí mismo. Dichas acciones transformadoras representan binomios cargados de significado (llenar/vaciar, agrupar/dispersar, construir/destruir) y de gran importancia para la adquisición de la función simbólica del pensamiento, esencial al mismo tiempo en el desarrollo cognitivo y de tipo científico (Abad y Ruiz de Velasco, 2014).

A pesar de la importancia de las instalaciones en el ámbito educativo, apenas existen referencias que vinculen las instalaciones artísticas con las ciencias en EI. Cabe destacar un trabajo de Abad (2008) en el que se propone la luz como nexo de unión entre el arte y la ciencia. Se trata de un enfoque distinto al que se propone en este trabajo, pero posee rasgos comunes con este, pues trata los descubrimientos científicos a edades tempranas (0-3 años) a través del juego, los sentidos, la experimentación y la elaboración del pensamiento.

En este estudio se trata de responder a una cuestión que aúna todos los aspectos expuestos: ¿Es posible trabajar las *ciencias en EI a través del juego y la experimentación desde un enfoque artístico y relacional?*

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es comprobar el potencial de la utilización de instalaciones científicas como herramienta de enseñanza y aprendizaje desde el punto de vista de las ciencias en EI. Para ello las maestras del CEIP Fernández Vizarra y los profesores universitarios realizaron el diseño, implementación y análisis de 8 sesiones a lo largo de un curso escolar.

En concreto, utilizando las instalaciones como propuesta didáctica del aula de ciencias, los principales objetivos a desarrollar con el alumnado serían descubrir de forma autónoma las propiedades

1. La nomenclatura que se utilizará en adelante será: *componentes* (conjunto de objetos y materiales que configuran la instalación); *objeto* (aquello tangible fabricado de diferentes materiales); *material* (materia que compone un objeto).
2. Se considera como experiencia estética un modo de encuentro con el mundo que produce en quienes lo experimentan un placer y una satisfacción por contemplar una realidad.

sensoriales y mecánicas perceptivas a través de los sentidos de un conjunto de objetos y materiales, y relacionar de manera consciente las acciones espontáneas realizadas durante la experimentación libre con contenidos científicos.

CONTEXTO Y METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta actividad, nos aprovechamos de la colaboración entre el profesorado del departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Zaragoza y las maestras de EI del CEIP Fernández Vizarra de Monzalbarba (Zaragoza) que tiene lugar desde hace 8 años. La actividad se realizó en el curso académico 2017/2018 con 8 alumnas y 6 alumnos de 3.º de EI (5 y 6 años). Es un grupo cohesionado y que demuestra autonomía. La intervención docente fue realizada por la maestra habitual del alumnado acompañada por el profesorado universitario. Se trata de un centro que acoge a una población de clase social media y que prioriza el aprendizaje experimental y colaborativo mediante actividades en las que el alumnado tiene un papel activo que le permite construir sus propios aprendizajes en relación con sus iguales (Mazas, Gil-Quílez, Martínez-Peña, Hervas y Muñoz, 2018).

La metodología utilizada en este trabajo tiene un corte cualitativo (Hernández-Sampieri, Fernández y Baptista, 2006), donde los datos son perspectivas y puntos de vista de las personas que participan, recogidos mediante observación, producciones del alumnado, registro fotográfico y grabaciones de vídeo y audio y entrevistas al grupo y a la maestra. A partir de las grabaciones de vídeo y audio se han realizado transcripciones de las asambleas, de las cuales se han extraído las ideas previas y finales, intereses, emociones y contenidos científicos que el alumnado expresaba en sus verbalizaciones. Además, se han analizado los dibujos realizados por los niños y niñas teniendo en cuenta:

- El número de materiales representados. Se observa si en el dibujo se distinguen los componentes que forman parte de la instalación. Por ejemplo, si la instalación está formada por 3 componentes distintos, en la representación del alumno/a se pueden observar 0, 1, 2 o 3 componentes.
- Estructura representada de la instalación. Se analiza si la estructura del conjunto de componentes representados en el dibujo es similar a la configuración de estos en el espacio. El alumno/a muestra el grado de adquisición de la visión espacial.
- Propiedades de los materiales representados. Se determina si los componentes representados en el dibujo presentan la misma forma, tamaño y/o textura que se percibe visualmente, o similar.

La fase de experimentación libre se ha analizado mediante la visualización de las grabaciones de vídeo, extrayendo de ellas las acciones y algunas verbalizaciones que realiza el alumnado para relacionarlas con los contenidos científicos que implican. En concreto, se han observado los procedimientos científicos de percibir, sentir y pensar a través de los cinco sentidos, observar, comparar, clasificar, nombrar, establecer relaciones causa-efecto, generalizar, observar fenómenos e identificar variables que influyen en ellos, predecir o formular hipótesis, deducir, justificar y trabajar en equipo.

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

La metodología para el desarrollo de las diferentes fases de las instalaciones científicas, su duración y su desarrollo, que se presenta a continuación, se ha planificado en colaboración con las maestras de EI del CEIP Fernández Vizarra, contexto educativo de este trabajo.

Preparación de la instalación científica

Antes de realizar la sesión de instalación científica con el alumnado, el maestro/a tiene un papel muy importante en el diseño y planificación de la propuesta. Esta tarea consiste en cuatro acciones (figura 1):

1. Seleccionar los contenidos de ciencias que se quieren trabajar en la sesión.
2. Elegir materiales ricos en propiedades perceptivas a nivel sensorial (Vega, 2012) y objetos que provoquen observar, comparar, clasificar, actuar, jugar y pensar (Fernández y Bravo, 2015). Además, los objetos han de ofrecer la posibilidad de realizar acciones de manera consciente con un fin, tanto por sus propiedades (tamaños, texturas, colores, etc.) como por su disposición en el espacio (agrupados, extendidos, colgados, etc.), han de ser objetos cotidianos, de la naturaleza o reciclados, posibilitadores de acciones divergentes, no predeterminadas y que se puedan utilizar individualmente o en grupo (Abad y Ruiz de Velasco, 2016).
3. Plantear una serie de posibles preguntas para realizar durante las asambleas (inicial y final). Estas preguntas son necesarias ya que a través de ellas se guía al alumnado en la investigación y en la construcción de los conocimientos propios de las ciencias experimentados a través de procedimientos en la sesión.
4. Diseñar una instalación, es decir, configurar los materiales y objetos en el espacio de modo que en su conjunto brinden una experiencia estética en el alumnado. Del mismo modo, su exposición ha de provocar el juego, favorecer la asociación y relación entre componentes y la autonomía de su uso. Además, el ambiente ha de estar organizado teniendo en cuenta al alumnado (edad, necesidades e intereses), y la presentación de la instalación ha de alentar una actitud de sorpresa y deseo en los niños/as con el objetivo de que la emoción provocada por el disfrute compartido favorezca la evolución del juego y, con ello, las ideas que se desarrollan en él (Abad y Ruiz de Velasco, 2016).

Fig. 1. Acciones a realizar por el maestro/a en el diseño de una instalación científica.

Realización de la instalación científica

Al implementar la sesión de instalación en el aula, el maestro/a debe contar con unos 30 minutos previos para preparar el espacio y los materiales. En este caso, se aprovechó que el alumnado estaba en el patio. Las sesiones a realizar se estructuran en cuatro fases, con una duración total aproximada de 1 hora y 20 minutos (tabla 1). Se ha estructurado de esta manera porque es necesario que el alumnado tenga tiempo para pensar, actuar y comunicar, permitiendo acercar la sesión a una actividad indagativa realmente formativa (Couso, 2014), ofreciéndoles así tiempos para pensar sobre lo que van hacer y ser

conscientes, posteriormente, de lo que han hecho. Además, permite que sean los propios niños y niñas los que organicen sus juegos y sus deseos de hacer (Ruiz Velasco y Abad, 2016).

Tabla 1.
Fases diseñadas en este trabajo de las sesiones de instalación científica.

Fase	Duración	Preguntas realizadas por la maestra	
I. Observación de la instalación y asamblea inicial	10 minutos	¿Cómo son los componentes que hay en la instalación? ¿A qué os invitan a jugar?	
II. Realización de un dibujo de la instalación	10 minutos	¿Cómo dibujarías la instalación?	
III. Experimentación libre	40 minutos	En esta fase son los niños y las niñas los que se plantean preguntas	
VI. Asamblea final	20 minutos	¿Qué habéis descubierto? ¿Cómo os sentís?	

La primera de las fases es la observación de la instalación y tiene una duración de unos 10 minutos. El alumnado entra al aula con los ojos cerrados, lo que incrementa el factor sorpresa y, con ello, la curiosidad hacia lo que van a descubrir. Además, se les anima a entrar sin calzado, lo que contribuye al desarrollo de la percepción plantar al percibir las sensaciones que proporcionan el espacio y los materiales. Una vez que el grupo entra en el aula, abren los ojos y se sientan en círculo en torno a la instalación para realizar una asamblea inicial.

En este momento los niños y las niñas contemplan el escenario, lo que les permite observar detalladamente los objetos y materiales y su conjunto y anticipar los proyectos de juego y crear el deseo (Abad y Ruiz de Velasco, 2014), poniendo en marcha varios contenidos propios de las ciencias. Es necesario ser conscientes del importante papel que tiene la observación prolongada, sistemática y con un enfoque claro en la construcción del conocimiento científico (Montiera y Jiménez-Aleixandre, 2016). Para propiciar el aprendizaje de estos contenidos la maestra lanza algunas preguntas como: ¿A qué *se parece esta instalación?*, ¿cómo son los *componentes que hay en la instalación?* y ¿a *qué os invita a jugar?* Conforme el alumnado va respondiendo, la maestra realiza más preguntas que acompañen su descubrimiento y análisis visual de las propiedades de los materiales y los objetos que componen la instalación. En esta primera fase el alumnado también desarrolla actitudes fundamentales como la atención, la comunicación, la escucha, la espera y el autocontrol de impulsos, la creatividad y el interés por aprender ciencias.

A continuación, antes del momento central de juego, tiene lugar la fase II en la que se invita al alumnado a realizar un dibujo de la instalación durante 10 minutos. Para ello se les ofrece un folio en blanco, un lapicero y pinturas de colores, de modo que puedan representar libremente, a través de la expresión gráfica, su percepción de la instalación observada. La realización del dibujo puede ayudar al alumnado a observar, a recordar lo que ha visto, a describir, a adquirir información, a comunicar ideas y a crear modelos mentales de conceptos clave (Márquez, 2002; Gómez y Gavidia, 2015). Para guiar a los niños y a las niñas en la realización del dibujo, la maestra les comunica que el propósito es que dibujen cómo son los componentes de la instalación además de su disposición y, durante su ejecución, les plantea cuestiones que les ayuden a hacer representaciones fieles de lo que ven (Márquez, 2002); como, por ejemplo: *¿Son todos los embudos del mismo tamaño?* Una vez terminada la fase de dibujo, el grupo se dispone de pie alrededor de la instalación para realizar un breve ejercicio de respiración guiado por la maestra, con el fin de preparar el cuerpo y la mente para el juego y la experimentación. Al finalizarlo la maestra anuncia que comienza el momento de juego.

En esta fase III, que durará unos 40 minutos, los niños y las niñas trabajan contenidos científicos manipulando, sintiendo, pensando y hablando sobre los componentes de la instalación. Es el momento de experimentación libre; por tanto, la maestra se limita a observar, acompañar y apoyar visualmente el juego y los descubrimientos del alumnado ante su demanda y a mediar, si es necesario, en caso de conflicto entre el alumnado. De esta manera, los niños y las niñas experimentan y generan datos de primera mano que les permitirán crear explicaciones más completas al analizarlos (Delen y Krajcik, 2015).

Al término de esta fase, en los últimos 20 minutos de la sesión, el grupo se reúne para realizar una asamblea final (fase IV). La maestra en ese momento realiza una primera pregunta para recibir una primera impresión del alumnado acerca de la sesión y con el objetivo, además, de que expliciten y comuniquen los aspectos socioemocionales del aprendizaje de ciencias: ¿Os ha gustado? Tras ello, lanza una pregunta clave: ¿Qué habéis descubierto? A partir de ese momento, se trata de que los niños y las niñas expresen verbalmente su capacidad de provocar acciones, sus descubrimientos, experimentos y exploraciones realizadas durante el momento de juego. Partiendo de sus verbalizaciones, el objetivo es ir construyendo en común, a través de las preguntas (previamente planificadas) de la maestra, conocimientos propios de las ciencias como son observar, comparar, clasificar y nombrar las propiedades de los materiales y los objetos: tamaño, textura, peso, forma, dureza, capacidad, trayectoria, velocidad, flexibilidad, elasticidad, gravedad, movimiento, fuerza de fricción, potencia, rozamiento, etc. y sus posibles comportamientos y utilidades debido a estas propiedades. Durante esta fase el alumnado pone en marcha otros procedimientos propiamente científicos como la capacidad de análisis, la descripción de materiales y la comunicación de procesos y de resultados, la predicción y la formulación de hipótesis y su comprobación, la relación causa-efecto, la generalización, el pensamiento creativo y el razonamiento. Del mismo modo, se trabajan actitudes como el deseo de encontrar respuestas, el fomento de la curiosidad, la rigurosidad, la precisión, la capacidad de escucha y atención, y la puesta en común de aprendizajes experimentados, procesos o resultados obtenidos.

Durante el curso se han realizado 8 instalaciones formadas por 3 o 4 componentes cuya disposición configura un conjunto de gran belleza visual que ocupa todo el espacio de la clase (figura 2). Para este trabajo se han analizado tres de ellas con el objetivo de comprobar el potencial que se considera que poseen las instalaciones como herramienta que posibilita la enseñanza-aprendizaje de contenidos propiamente científicos en EI. Además, para examinar la evolución de estos aprendizajes, se han elegido instalaciones realizadas en diferentes momentos a lo largo del curso: al inicio (instalación 1), a mitad (instalación 4) y al final del curso (instalación 7).

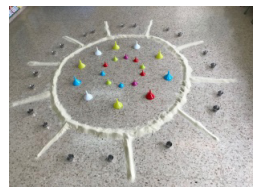
Instalación 1 8 de noviembre de 2017	Instalación 2 29 de noviembre de 2017	Instalación 3 17 de enero de 2018	Instalación 4 14 de febrero de 2018
			
Basada en Abad y Ruiz de Velasco (2014)	Elaboración propia	Elaboración propia	Elaboración propia
Instalación 5 7 de marzo de 2018	Instalación 6 28 de marzo de 2018	Instalación 7 18 de abril de 2018	Instalación 8 23 de mayo de 2018
Elaboración propia	Elaboración propia	Elaboración propia	Elaboración propia

Fig. 2. Imágenes de las 8 instalaciones realizadas en el aula de 3.º de EI.

En la tabla 2 se muestran los posibles contenidos científicos que se podrían trabajar durante todas las sesiones y se ejemplifican los contenidos científicos concretos que se podrían trabajar en la instalación 7.

Tabla 2.
Contenidos científicos que se podrían trabajar durante todas las instalaciones y ejemplificaciones de los contenidos científicos concretos a trabajar en la instalación 7.

Contenidos científicos que trabajar en las instalaciones científicas	*Instalación 7*	
	Se incide en:	*Descripción de los componentes*
Observación y comparación de las propiedades sensoriales y mecánicas de los materiales y objetos utilizando los cinco sentidos. Clasificación de objetos y materiales.	Observación y comparación de las formas (triángulo, círculo, cilindro), texturas (liso/rugoso, suave/áspero, blando/duro, con agujeros), composiciones (plástico, cartón, corcho, goma, papel), sonidos (fuerte/suave, largo/corto), tamaños (grande/pequeño), altura (alto/bajo), diafanidades (opaco/translúcido), grosores (fino, grueso), longitudes (largo/corto), capacidades (lleno/vacío), masas (ligero/pesado), flexibilidades, elasticidades, durezas, tenacidades, inclinaciones y colores (tonalidad, intensidad) de los componentes. Comparar entre el deslizamiento de los objetos entre planos inclinados con la misma pendiente y con diferente rugosidad en la superficie y entre planos inclinados con diferente pendiente y con misma superficie. Clasificación según las propiedades sensoriales y/o mecánicas, el deslizamiento de los objetos por los planos inclinados, el aire que dejan pasar, etc.	*Planos inclinados:* Estructuras fabricadas con cartón: hay tres con una inclinación de 60 º y tres con una inclinación de 45 º. En ambos casos hay tres superficies con diferentes rugosidades que provocan distintos rozamientos: goma eva, cartulina ondulada y lámina adhesiva lisa. *Pajitas finas (de 0,5 cm de diámetro y de 1m de largo) y pajitas gruesas (de 1 cm de diámetro y de 20 cm de largo):* Objetos de plástico de colores flúor, traslúcidos, cilíndricos, flexibles, que permiten realizar acciones como soplar, hacer sonido y mover otros objetos. *Anillos y cilindros de polietileno:* Objetos con diferentes grosores y colores. *Corchos de botella:* Objetos ligeros y compactos, de forma cilíndrica.
Formulación de hipótesis o predicción de propiedades y comportamientos de los materiales y comprobación a través de la observación y manipulación.	Trayectoria y velocidad de caída al arrojar objetos con diferentes propiedades por los planos inclinados teniendo en cuenta variables: ángulo, longitud y rugosidad del plano inclinado (rozamiento entre superficies) y fuerza aplicada. Trayectoria y velocidad del aire al soplar a través de las pajitas teniendo en cuenta su largura y su grosor y capacidad de mover objetos. Flexibilidad y elasticidad de los materiales.	
Establecer relaciones causa-efecto al provocar acciones en los objetos y observar sus consecuencias.	Si soplo se desplaza/no se desplaza… Si hago fuerza se dobla/se comprime/se rompe/se mantiene igual… Si rayo en las superficies de los planos inclinados se produce sonido…	
Generalización de algunas propiedades o comportamientos de los materiales.	Los elementos que ruedan tienen forma circular/cilíndrica; los elementos agujereados se pueden atravesar y dejan pasar el aire; los elementos flexibles se doblan y los elásticos se estiran; las superficies blandas se rayan; al frotar una superficie rugosa suena, etc.	
Desarrollo de la creatividad al dar a diferentes usos a los materiales.	Las pajitas permiten crear formas, los planos inclinados permiten meterse dentro, los anillos de polietileno se pueden apilar, etc. Desarrollar el juego simbólico.	
Descripción, definición, explicación y/o argumentación de los procesos o resultados.	Los objetos que se pueden doblar fácilmente son flexibles. Explicar cuándo cae un objeto más rápido que otro por una misma rampa, etc.	

Análisis de las instalaciones científicas

A continuación se van a analizar las diferentes fases de las 3 sesiones.

Fase I

En todas las sesiones, el grupo entra al aula con los ojos cerrados, al abrirlos y ver la instalación expresan una gran sorpresa. Acto seguido, los niños y las niñas se sientan alrededor creando un círculo para observar los componentes de la instalación y su conjunto. En primer lugar, se les pregunta a qué les recuerda la instalación y el alumnado en sus evocaciones manifiestan aquello que más les llama la atención a primera vista como los colores («A mí me parece un arcoíris») y la forma de la instalación («Yo veo el sol y las nubes», «Las pajitas me parecen huellas de gallina»).

Tras ello los niños y las niñas comentan, guiados por la maestra, las características de los componentes que perciben mediante la observación de la instalación aludiendo al tamaño («Ese embudo es grande y ese es pequeño»), la forma («Los cartones tienen forma de triángulo»), el color («Los embudos son de colores rojo, azul y están repetidos»), las diferencias entre unos objetos y otros («Algunas esponjas no tienen agujero»), a la textura («Hay una caja rugosa»), a la cantidad («Allí faltaría el vaso pequeño, en los demás huecos hay dos vasos»), a su disposición en el espacio («Hay un círculo de embudos grandes y un círculo de embudos pequeños»), a su uso («Es para que pase la arenita pequeña», señalando a los embudos) y a su nombre («Eso es una flanera y eso es un embudo»). De esta manera, en la primera fase el alumnado empieza a observar, comparar y describir las propiedades de los materiales.

Por último, se les anima a pensar a qué les invitaba a jugar esta instalación. Algunas de sus respuestas invitan a jugar de manera simbólica («Me apetece jugar a cocinitas», «Podríamos jugar como a un paisaje, los embudos grandes serían las casas y los pequeños los buzones y también pueden ser señoras con falda») mientras que otras respuestas provocan la realización de acciones que inciten a predecir, observar, experimentar y pensar sobre lo que ha pasado («A clavar con la pluma las montañas de pan», «a aplastar con las manos», «a soplar las plumas»).

Fase II

Tras este primer momento se continúa con la representación gráfica de la instalación. En la instalación 1, no todo el alumnado tiene claro el objetivo del dibujo y uno de ellos realiza un dibujo sobre lo que ha pensado que quería jugar. Los alumnos no acaban sus dibujos y, en general, la representación de los componentes y de la estructura de la instalación no es precisa. Al ir avanzando el curso y con ello la realización de instalaciones, los niños y las niñas adquieren la dinámica de la actividad. En la instalación 4 y 7, todo el grupo ha interiorizado el objetivo del dibujo, e incluso algunos de ellos utilizan estrategias como, por ejemplo, contar el número de objetos existentes u observar detenidamente la secuencia de colores de los elementos.

De esta manera, si se analizan las 11 producciones obtenidas de la instalación 4 se observa que todos los niños y las niñas dibujan los tres componentes que configuran la propuesta (embudos, flaneras y pan rallado). La mayoría de ellos (7 alumnos) también demuestran una buena visión espacial, pues representan la estructura de la instalación con bastante similitud a la realidad, ubicando los materiales correctamente dentro de esta (figura 3*a*); otros en cambio (4 alumnos), demuestran estar en proceso de adquisición de esta habilidad (figura 3*b*), pues organizan los componentes de la instalación en el espacio de forma similar a la realidad (embudos en el centro, flaneras y pan rallado alrededor de ellos) pero su forma global no es representada con similitud. Por otro lado, en torno a un tercio de la clase (4 alumnos) muestran capacidad para representar las propiedades de los materiales diferenciando su

forma, tamaño, color o textura (figura 3*a*), mientras que en otros casos (7 alumnos) se distingue 1 o 2 de las propiedades de los materiales.

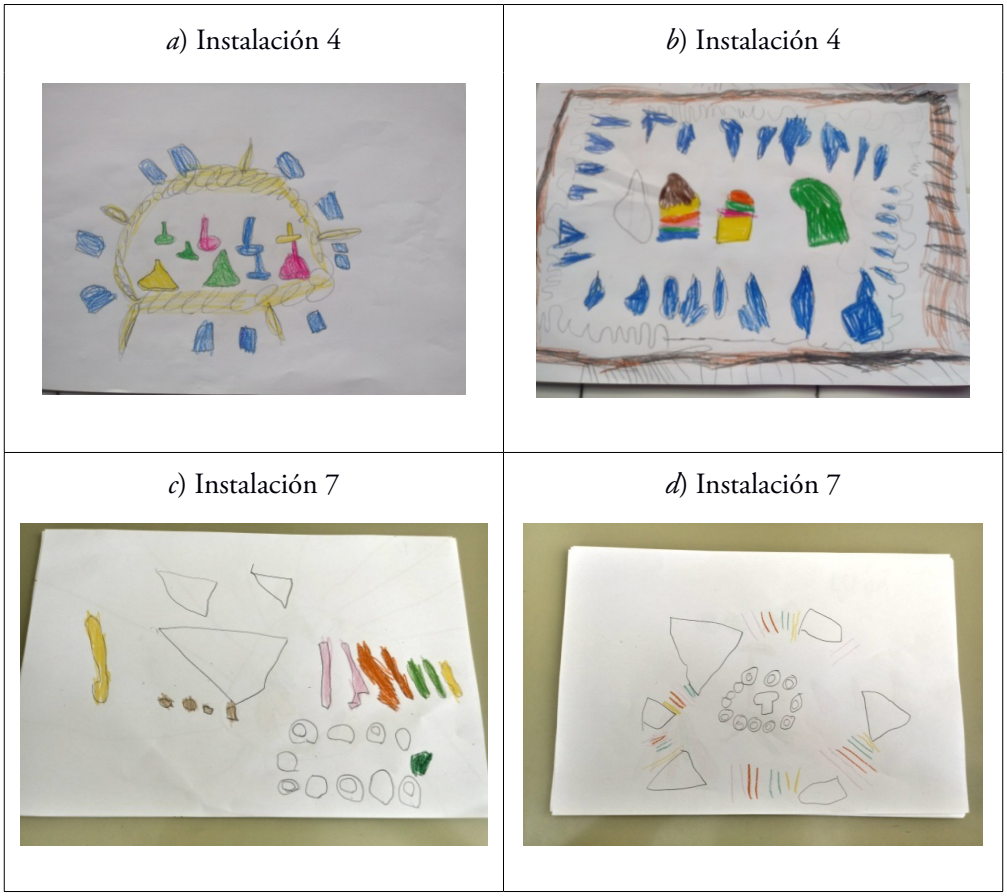


Fig. 3. Dibujos de las instalaciones científicas realizadas por el alumnado.

Si se analizan los 14 dibujos realizados por los niños y las niñas de la instalación 7, se extrae que el alumnado tiene mayor dificultad para representar la instalación debido al número elevado de componentes que la forman, así como a la propia estructuración de estos en el espacio (pajitas de diferente diámetro, longitud y color, rodajas de polietileno de dos colores y diferente porosidad, planos con diferente inclinación y rugosidad y corchos). Únicamente la mitad del grupo (7 alumnos) han dibujado los 4 componentes que configuran la propuesta (figuras 3*c* y 3*d*). Del mismo modo, la mayoría de ellos (8 alumnos) han mostrado dificultades para representar el conjunto de la instalación, su visión espacial se encuentra en proceso (figura 3*c*). Sin embargo, una buena parte de ellos (6 alumnos) demuestran mayor grado de visión espacial, ya que representan los objetos configurados en el espacio de un modo similar al que se propone (figura 3*d*). Por otro lado, la representación de las propiedades de los componentes (forma, tamaño, textura y color) varía según el objeto concreto, pues más de la mitad de la clase (9 alumnos) diferencian en su dibujo las pajitas largas y cortas (figura 3*c* y 3*d*) pero únicamente en torno a un tercio (5 alumnos) distinguen en su representación entre las rodajas con y sin agujero y la forma de los corchos (figura 3*c* y *d*). Asimismo, solo 3 alumnos dibujan las inclinaciones altas y bajas de manera diferenciada (figura 3*d*).

Tras la realización de este análisis, se considera que al realizar un dibujo de las instalaciones el alumnado pone en marcha su capacidad de observación de detalles concretos como las semejanzas y diferencias entre colores, tamaños y formas de los materiales. Se ejercita su visión espacial y el modo de ubicar los objetos en el espacio utilizando la perspectiva y midiendo las distancias. Además, se aprecia una evolución favorable en los niños de la capacidad de observación de detalles concretos y de la visión espacial en las representaciones de las instalaciones puestas en práctica a lo largo del curso.

Fase III

En el momento de experimentación libre se observa que en las instalaciones analizadas los niños y las niñas juegan individualmente, en parejas y en pequeños grupos de 3 o 4 personas. Cabe destacar que en numerosas ocasiones los niños invitan a entrar en su juego a otros compañeros («¿Quieres ayudarme?», «Chicos, enterradme»), solicitan poder participar en el juego de otros («¿Puedo jugar?», «¿Quieres que te eche?» –se refieren a pan rallado en el embudo que sostiene otro alumno–) o disfrutan al realizar una acción juntos y lo expresan a su maestra («Me está ayudando», «Mira lo que hacemos»). Este hecho significa que existe un gran interés por compartir y cooperar en su experimentación durante el juego, lo que a su vez favorece las relaciones sociocomunicativas y las interacciones entre iguales y con el adulto (Abad y Ruiz de Velasco, 2016). También hay que resaltar la asombrosa tranquilidad con la que el alumnado desarrolla el juego desde el inicio y la gran concentración que muestran durante toda esta fase de experimentación libre.

En las acciones y verbalizaciones que realiza el alumnado durante el juego se observa la utilización de los sentidos para explorar las propiedades perceptivas de los materiales (sentir el tacto del pan rallado al introducir las manos en una montaña de pan rallado, comprobar el sonido de la flanera al golpearla contra el suelo) y sus propiedades mecánicas (observación de la caída del pan rallado a través de los embudos y desde las flaneras –donde se puede diferenciar la velocidad y la trayectoria–, patinar sobre el pan rallado porque resbala –lo que implica deslizamiento y rozamiento entre superficies en contacto–, doblar pajitas o hacer equilibrios con los corchos). También se observan procedimientos científicos como establecer relaciones causa-efecto (soplar a través de las pajitas para mover objetos); la generalización de propiedades mecánicas de los objetos (comprueban si todos los embudos, grandes y pequeños, permiten verter pan rallado, «Pasa en todos»); el razonamiento («Cuanta más arena coges, más arena cae» –se refieren al pan rallado a través del embudo–); la identificación de variables que influyen en la caída de un cuerpo (verter pan rallado desde una flanera a través de varios embudos en cadena, uno encima de otro, probando distintas alturas, moviendo el embudo e introduciendo los dedos en él para empujar el pan rallado). Además, comprueban la estabilidad de los objetos (construyendo en altura con flaneras y embudos llenos y vacíos y en distintas posiciones, construir estructuras estables con pajitas y corchos) y descubren diversos usos del material (cubrir objetos o partes de su cuerpo con pan rallado; amontonar el pan rallado y hacer huellas y dibujos en él). Por último, se percibe una notable alegría por parte de los alumnos cuando realizan un descubrimiento, en ese momento es destacable la búsqueda del adulto de referencia o de sus iguales para compartir dicho acontecimiento.

Fase IV

Al término de la sesión, en la asamblea final, los niños y las niñas verbalizan sus descubrimientos y la maestra, mediante preguntas, provoca que piensen sobre sus acciones, lo que ha ocurrido, lo que ocurriría si, etc. Todo ello permite conocer sus interpretaciones y acompañarlos en la ampliación de sus modelos. Para analizar esta última fase se han clasificado las verbalizaciones del alumnado durante la asamblea final en el tipo de procedimiento científico que expresan. De manera más concreta, los

alumnos/as manifiestan haber percibido, sentido y pensado sobre propiedades sensoriales y mecánicas de los objetos y establecen semejanzas y diferencias («al coger el pan con la pluma se quedaba pegajoso», «cuando tiramos las flaneras sonaba música», «al caer el pan no da vueltas, las plumas caen como en una cascada, cae muy rápido») y clasifican los materiales siguiendo diferentes criterios («las pajitas se pueden doblar, son flexibles»).

También el alumnado pone en marcha la predicción de fenómenos o hipótesis sobre el comportamiento de los materiales y su comprobación y la capacidad de análisis respecto a las variables que influyen en un fenómeno, como la velocidad de caída del pan rallado a través de embudos de diferente tamaño dependiendo de si se vierte desde una flanera grande o pequeña o la velocidad de trayectoria del aire a través de las pajitas («Cae más rápido a través del embudo pequeño porque el otro es más grande y se puede meter más y dura más, pero el pequeño como es muy pequeño se puede meter poco y dura menos»); observación de fenómenos («Cuando echaba pan rallado con la flanera por el embudo nacía una montaña porque caía abajo»); generalización de propiedades de los materiales («Si están hechos de plástico suenan diferente a si están hechos de metal»); establecimiento de relaciones causa-efecto al realizar acciones que provocaban una consecuencia como el movimiento de objetos al soplar a través de las pajitas o al doblar las pajitas. Finalmente, también se desarrolla la curiosidad y deseo de encontrar respuestas («¿Cómo habéis hecho todo ese pan rallado?»).

Así pues, durante las cuatro fases de estas sesiones se trabajan los contenidos planteados en el diseño previo a la implementación de las sesiones: observación de las propiedades perceptivas (forma, color, textura, sonido, tamaño, capacidad, composición) y mecánicas de los componentes a través de los sentidos y su manipulación; el establecimiento de relaciones causa-efecto, la observación de fenómenos, las generalizaciones de las propiedades de los objetos y materiales, la identificación de semejanzas y diferencias, la predicción de fenómenos, la formulación y comprobación de hipótesis, la deducción, la comunicación de procesos y resultados y el pensamiento creativo. Del mismo modo se ponen en marcha actitudes científicas como la capacidad de escucha y atención, la rigurosidad, la precisión y el deseo de encontrar respuestas.

Al finalizar el curso, para averiguar cómo habían sentido los niños y niñas estas actividades, se realizó una puesta en común y se les pidió que definieran las instalaciones con una palabra. Todos dijeron palabras positivas y con mucho significado en el campo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales como *alegría*, *amigos*, *jugar*, *construir*, *pensar*, *investigar*, etc. Asimismo, todos los niños y niñas afirmaban que les gustaría seguir jugando en las instalaciones al año siguiente, por lo que esta secuencia de actividades ha permitido que el grupo mantenga la motivación en el tiempo transformándose en interés por seguir investigando fenómenos científicos en los próximos cursos académicos (Sanmartí y Tarín, 2008).

Relación de la secuencia de instalaciones científicas con los niveles de razonamiento en Educación Infantil

Si nos basamos en los niveles de razonamiento expuestos por Tyler y Peterson (2004) se observa que, con la secuencia propuesta, los niños/as son capaces de razonar basándose en fenómenos, aunque en ocasiones no son capaces de distinguir la explicación de la descripción. Por ejemplo, en la instalación 4 durante la asamblea final, al intentar explicar dónde se pueden hacer huellas los alumnos hacen referencian a lo que pueden percibir a través de los sentidos:

– Maestra: He visto niños que han estado haciendo huellas, pero... ¿dónde hacían las huellas?
– Alumno 1: En la tierra.
– Maestra: ¿Pero y por qué en el suelo no se pueden hacer huellas?

– Alumno 1: Porque el suelo no es tierra.
– Alumno 2: Porque el suelo no es blando.
– Maestra: Ah vale, mira voy a coger un cojín. Mirad tengo un cojín blando voy hacer una huella (presiona con su palma sobre el cojín).
– Alumno 2: No, pero eso es un cojín.

En otras ocasiones, algunos niños y niñas son capaces de razonar basándose en relaciones donde la explicación surge de los datos observados. Durante la asamblea final de la instalación 7, algunos alumnos y alumnas nos cuentan que en la fase de experimentación libre han probado a doblar pajitas:

– Alumno 1: Yo he descubierto que se puede doblar (las pajitas).
– Maestra: *¿Son elásticas?*
– Alumna 2: No, elásticas es que se estiran.
– Alumna 2: (Intenta estirar una pajita) *Esto no es elástico*.

En algunas ocasiones, los niños y niñas realizan asociaciones basadas en experiencias realizadas en cursos anteriores. Por ejemplo, son capaces de describir la diafanidad de los materiales y darles posibles usos según esta propiedad ya que el curso anterior se realizó un proyecto sobre la luz y diferenciaron materiales transparentes, translúcidos y opacos y sus posibles aplicaciones. Por tanto, estos alumnos y alumnas van ampliando su modelo sobre los materiales al relacionar conceptos ya vistos con conceptos nuevos. Se intuye un inicio hacia la modelización, por lo que podríamos aprovechar la capacidad que manifiestan para trabajar el razonamiento basado en modelos donde los modelos se evalúan a la luz de las evidencias.

CONCLUSIONES

Una vez expuestos los resultados extraídos, se concluye que esta propuesta favorece el aprendizaje de las ciencias en EI, ya que permite trabajar contenidos conceptuales a partir de procedimientos y actitudes científicas. Se ha observado que el alumnado durante la fase de observación y experimentación utiliza los cinco sentidos para observar, percibir, comparar y clasificar los objetos y materiales en función de sus propiedades sensoriales y mecánicas; establece relaciones causa-efecto y generalizaciones; observa fenómenos e identifica variables que influyen en ellos y trabaja en equipo. Se detecta que la realización de un dibujo de cada instalación ha facilitado en el alumnado la concreción y expresión de datos obtenidos de la observación (Gómez y Gavadía, 2015) y, por lo tanto, se puede concluir que a través de la representación gráfica se ha mejorado el proceso de observación (Grilli, Laxague, Barboza, 2015).

Asimismo, se ha detectado que en las asambleas finales de todas las sesiones el alumnado comunica procesos y resultados; formula hipótesis; desarrolla su capacidad de análisis; amplía su vocabulario; nombra, define, justifica y generaliza conceptos relacionados con las ciencias y realiza razonamientos basados en datos observados (Tyler y Peterson, 2004). Todo ello son procedimientos de tipo científico utilizados por los niños y las niñas en esta experiencia educativa para aprender contenidos de ciencias (De Pro, 2013). Por tanto, de acuerdo con el objetivo planteado en este trabajo, se ha comprobado que las sesiones de instalación poseen un alto potencial como herramienta de enseñanza y aprendizaje ya que posibilitan el aprendizaje de contenidos científicos.

Además, teniendo en cuenta los aspectos motivacionales y afectivos, se considera que el alumnado muestra una gran motivación y un grado de implicación alto durante todo su desarrollo. Realizar este tipo de actividades a lo largo de todo el curso académico permite dedicar tiempo a contenidos científicos y convertir la motivación, la emoción y la curiosidad inicial en interés por las ciencias (Sanmartí y

Tarín, 2008). Siendo así, el alumnado está abierto al descubrimiento y al aprendizaje de las ciencias, así como a disfrutar, compartir y poner en común con sus compañeros y con su maestro/a las experiencias que viven durante la sesión.

Del mismo modo, en relación con el enfoque artístico de las actividades, se afirma que las sesiones de instalación propuestas presentan unas características estructurales y estéticas que favorecen situaciones de aprendizaje donde el alumnado se acerca a la ciencia que hay a nuestro alrededor de manera lúdica a través de la observación y manipulación de objetos y materiales de uso cotidiano (Hinojosa y Sanmartí, 2016), de pensar en lo que ha ocurrido o en lo que podría ocurrir y de verbalizar sus acciones para pasar de la actividad experimental a la actividad mental. Este hecho demuestra que es posible globalizar aprendizajes uniendo varias áreas como la educación artística y las ciencias en este caso.

Así mismo, hay que destacar la importancia del papel del maestro o maestra en las propuestas de instalación científica, pues se ha podido comprobar que es fundamental realizar un diseño y planificación coherente con los objetivos propuestos para poder ofrecer un contexto que posibilite el desarrollo de procedimientos y actitudes científicas a través del juego libre. En este sentido, se ha constatado que el acompañamiento que se realiza al alumnado durante las distintas fases que constituyen las sesiones debe ofrecer reconocimiento a sus acciones y verbalizaciones en el proceso de construcción de sus conocimientos. En este sentido, es posible que el planteamiento de la experimentación libre aparentemente no revista complejidad para el docente, sin embargo, consideramos que es un claro ejemplo de que detrás de una propuesta sencilla existe una compleja trama de relaciones y descubrimientos que evolucionan y aumentan su sentido si se les sabe dar el valor que muestran (Abad y Ruiz de Velasco, 2016).

Por otro lado, se aprecia que el carácter abierto de esta propuesta permite atender a la diversidad de ritmos y capacidades de los niños y las niñas del aula y, por tanto, ofrecer una respuesta educativa inclusiva para trabajar las ciencias en EI.

Finalmente, podemos concluir que, en este caso concreto, se ha comprobado que es posible trabajar las ciencias en EI a través del juego y la experimentación desde un enfoque artístico y relacional. Para establecer tesis más concluyentes sobre los avances conseguidos sería necesaria una investigación didáctica más rigurosa. El desafío es utilizar el aprendizaje por indagación para trabajar ciencias de manera globalizada en las etapas educativas iniciales con el objetivo de formar escolares que utilicen el conocimiento científico para comprender y explicar el mundo que les rodea. Además, trabajar conjuntamente desde la universidad con el profesorado en activo nos permite avanzar en las investigaciones en Didáctica de las Ciencias Experimentales en EI (Cantó, de Pro y Solbes, 2016) y crear lazos y referentes para la formación de los futuros maestros en EI en la práctica profesional.

AGRADECIMIENTOS

Financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (proyecto EDU2016-76743-P), así como por el Gobierno de Aragón (Grupo de investigación BEAGLE, perteneciente al Instituto Universitario de Investigación de Ciencias Ambientales de Aragón, IUCA) y cofinanciado con Feder 2014-2020.

BIBLIOGRAFÍA

Abad, J. (2008). Arte y luz con los más pequeños. *Aula de Infantil*, 42, 27-29.

Abad, J. (2009). *Iniciativas de Educación Artística a través del Arte Contemporáneo para la Escuela Infantil (3-6 años)* (tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Abad, J. y Ruiz De Velasco, A. (2014). Contextos de simbolización y juego. La propuesta de las instalaciones. *Aula de Infantil*, 77, 11-15.

Abad, J. y Ruiz De Velasco, A. (2016). Lugares de juego y encuentro para la infancia. *Revista Iberoamericana de Educación*, 71, 37-62. https://doi.org/10.35362/rie7103

BOE, Boletín Oficial del Estado (2007). Real Decreto 1630/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas del segundo ciclo de Educación Infantil.

Cantó, J., de Pro, J. A. y Solbes, J. (2016). ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 25-50. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1870

Couso, D. (2014). De la moda de «aprender indagando» a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva: Ser. Pub. Univ. Huelva.

Cruz Guzmán, M., García-Carmona, A. y Criado, A. M. (2017). Aprendiendo sobre los cambios de estado en educación infantil mediante secuencias de pregunta-predicción-comprobación experimental. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(3), 175-193. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2336

De Pro, J. A. (2013). Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Alambique*, 73, 69-76.

De Puig, I. (2004). *Persensar. Percibir, sentir, pensar*. Barcelona: Octaedro.

Delen, I. y Krajcik, J. (2015). What do students' explications look like when they use second-hand data? *International Journal of Science Education*, 37(12), 1953-1973. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1058989

Díez Navarro, M. C. (2013). *10 ideas clave. La educación infantil*. Barcelona: Graó.

Eshach, H. y Fried, M. N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14(3), 315-336. https://doi.org/10.1007/s10956-005-7198-9

Fernández, R. y Bravo, M. (2015). *Las ciencias de la naturaleza en la Educación Infantil. El ensayo, la sorpresa y los experimentos se asoman a las aulas*. Madrid: Pirámide.

García-Carmona, A., Criado, A. M. y Cañal, P. (2014). Alfabetización científica en la etapa 3-6 años: un análisis de la regulación estatal de enseñanzas mínimas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 131-149. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.817

Gómez, V. y Gavadia V. (2015). Describir y dibujar en ciencias. La importancia del dibujo en las representaciones mentales del alumnado. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 441-455. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i3.04

Grilli, J., Laxague, M. y Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 91-108. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.07

Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana.

Hinojosa, J. y Sanmartí, N. (2016). Indagando en el aula de ciencias: primeros pasos. *27 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Badajoz: Universidad de Extremadura/Ápice.

Hsin, C. y Wu, H. J. (2011). Using scaffolding strategies to promote young children´s scientific understandings of floating and sinking. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 656-666. https://doi.org/10.1007/s10956-011-9310-7

Kirschner, P. A., Sweller, J. y Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1

Lapolla, P., Mucci, M. y Arce, M. (2019). *Experiencias artísticas con instalaciones. Trabajos interdisciplinarios de simbolización y juego en la escuela infantil.* Buenos Aires: Novedades Educativas.

Larrañaga, J. (2001). *Instalaciones.* Donostia-San Sebastián: Nerea.

Márquez, C. (2002). Dibujar en las clases de ciencias. *Aula de Innovación Educativa*, 117, 54-57.

Mazas, B., Gil-Quílez, M. J., Martínez-Peña, B., Hervas, A. y Muñoz, A. (2018). Los niños y las niñas de infantil piensan, actúan y hablan sobre el comportamiento del aire y del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 163-180. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2320

Montiera, S. F. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2016). The practice of using evidence in kindergarten: the role of purposeful observation. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(8), 1232-1258. https://doi.org/10.1002/tea.21259

Sanmartí, N. y Tarín, R. M. (2008). Proyectos y actividades para cambiar el entorno. *Aula de Infantil*, 44, 5-20.

Tyler, R. y Peterson, S. (2004). From «try it and see» to strategic exploration: characterization Young children´s scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(1), 94-118. https://doi.org/10.1002/tea.10126

Vega, S. (2012). *Ciencia 3-6: Laboratorios de ciencias en la escuela infantil*. Barcelona: Graó.

Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: what can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112-143. https://doi.org/10.1002/sce.10044

Artistic Spaces for Experiencing Science in Early Childhood Education

Ester Mateo, Sandra Cisneros, Luis Miguel Ferrer
Dpto. Didácticas Específicas. Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Zaragoza (España)
emateog@unizar.es, sandracis17@gmail.com, luismifb@unizar.es

Alicia Muñoz, Amparo Hervas
CEIP Fernández Vizarra, Monzalbarba (Zaragoza, España).
amparohervas@colegiofernandezvizarra.com, aliciamunoz@colegiofernandezvizarra.com

This article presents the design, planning, classroom implementation and analysis of a sequence of eight artistic installation sessions that make it possible for early-childhood pupils to learn scientific content. A scientific installation is defined as a space for free experimentation formed by components enriched with sensory and mechanical properties that our senses can perceive, which, as a whole, are organised in a way that provides pupils with an aesthetic experience. The theoretical framework for this study is the importance of teaching and learning sciences experimentally and comprehensively from the first stages of education so that children can feel and think about the perceptions they receive from the world around.

In designing the scientific installation, teachers have to select the scientific content they want to work on at class, choose materials with many perceptive properties, ask key questions to build knowledge, and arrange the materials aesthetically in the space. Once the installation has been prepared, children perform the activity in four phases: 1) installation observation and detailed description of the materials and objects forming it; 2) drawing the installation, which helps pupils observe, communicate ideas and create mental models (Márquez, 2002); 3) free experimentation to manipulate, feel, think and talk about the installation components; and 4) final assembly, where children verbally express their discoveries.

Starting with their verbalisations, the aim is to collect and build scientific knowledge through questions the teacher has previously planned: observation and comparison of the sensory and mechanical properties of the materials using the five senses; classification of the materials; formulation of hypotheses or prediction of the properties and behaviour of materials and verification through observation and handling; establishment of cause-and-effect relationships; generalisation of some properties; development of creativity; and description, definition, explanation and/or reasoning of the processes or results.

Based on the results of analysing three of the sessions held in a third-year early-childhood-education classroom, we can infer that pupils have worked on conceptual content stemming from scientific procedures and attitudes. The planned approach resulted in the children tending to use reasoning based on observed data and, in some cases, reasoning based on models to explain their discoveries (Tyler and Peterson, 2004).

Finally, we can conclude that we can work on science at early childhood education through play and experimentation with an artistic and relational approach. In the future, the challenge is for the university and school to continue working together to further progress in educational research when it comes to experimental science at the early-childhood stage.