

El Sistema Métrico Decimal en un libro de texto de matemáticas para la instrucción primaria en las Islas Canarias en el siglo XIX

Miguel Picado (Costa Rica)

Luis Rico (Universidad de Granada. España)

Bernardo Gómez (Universidad de Valencia. España)

Fecha de recepción: 27 de abril de 2012

Fecha de aceptación: 5 de octubre de 2012

Resumen

El artículo presenta el análisis de uno de los libros de texto de matemáticas utilizados para la enseñanza de la aritmética y el Sistema Métrico Decimal en Canarias, a mediados del siglo XIX, en cumplimiento de la Ley de Pesas y Medidas de 19 de Julio de 1849. Los resultados especifican la estructura conceptual, los modos de representación y los contextos con que se presentan las nuevas unidades de pesas y medidas; las dificultades y errores en su aprendizaje; y, las tareas, secuencias y materiales para su enseñanza, estos últimos como aspectos vinculados a la cognición y la instrucción en la didáctica de las matemáticas.

Palabras clave

Análisis Conceptual; Análisis de Contenido; Análisis Didáctico; Enseñanza de la matemática; Historia de la educación matemática; Sistema Métrico Decimal; Texto escolar

Abstract

This paper presents the analysis of one mathematics textbook used for teaching of arithmetic and the Metric System in the Canary Islands in the mid-nineteenth century in compliance with the Spanish Law of Weights and Measures in July 19, 1849. The results specify the conceptual structure, modes of representation and contexts for presenting the new units of weights and measures in the island, the difficulties and errors in their learning, and the tasks, sequences and materials for their teaching, the latter as aspects related to cognition and instruction in the teaching of mathematics.

Keywords

Conceptual analysis; Content analysis; Didactical analysis; History of Mathematics Education; Metric System; School text; Teaching of Mathematics

1. Antecedentes históricos

El sistema antiguo de pesas y medidas en España¹ se caracterizaba por una variedad de medidas diferentes entre sí, arbitrarias y sin una norma establecida para su división o aumento. Ante esta diversidad, en 1801 se concluye en España con un proceso de unificación de las pesas y medidas de más de 400 años. La igualación de patrones, llamados pesas y medidas de Castilla, unificó los valores y las proporciones de las unidades para las medidas lineales, de superficie, capacidad y peso, hasta entonces diversas y no coordinadas en el Reino de España. Establecido por la pragmática de Carlos IV, el sistema constituyó la respuesta para superar la diversidad metrológica y presentar una

¹ Sistema de pesas y medidas castellanas predominante antes de la adopción del sistema métrico decimal.



alternativa con la cual hacer frente a las necesidades de unificación y eludir la desconfianza generada por la implementación de un sistema novedoso, creado en Francia y ajeno a la realidad española.

La unificación metrológica de 1801 se caracterizó por el predominio de las divisiones duodecimales y binarias y la utilización de denominaciones comunes entre los poblados españoles de la época. Las medidas lineales se definieron a partir de la *vara*. De esta, se establecieron otras medidas, superiores e inferiores, como el *pie* que se constituyó en el patrón fundamental para la definición de las unidades básicas restantes. La división del pie se realizó en 16 *dedos* y cada uno de estos en mitades sucesivas. El pie tuvo también una equivalencia duodecimal: 12 *pulgadas* y la pulgada 12 líneas. La división binaria se aplicó sucesivamente a la vara; o bien en tercias y en mitades sucesivas de las tercias. Para las longitudes superiores (medidas itinerantes) se estableció la *legua* equivalente a 20.000 pies, entendida como el camino recorrido en una hora. La tierra se medía con el *estadal* de 4 varas o 12 pies. La Tabla 1 muestra las unidades de medida para la longitud y sus equivalencias respecto a la unidad principal.

Medida	Equivalencia
Legua	20000 pies
Estadal	Doce pies
Braza	Seis pies
Vara	Tres pies
Pie	1
Dedo	Dieciseisavo de pie
Pulgada	Doceavo de pie
Línea	Doceavo de pulgada
Punto	Doceavo de línea

Tabla 1. Unidades castellanas de longitud

Las medidas de superficie se definieron a partir del estadal. La *aranzada* y la *fanega* establecen regiones cuadradas de 20 y 24 estadales de lado respectivamente. La división duodecimal de la fanega definió el *celemín* del cual se obtuvo el *cuarto* o *cuartillo* (una cuarta parte del celemín).

Las unidades para la capacidad se establecieron según el tipo de sustancia o producto del cual se mide una cierta cantidad. Así se definieron unidades como la fanega y la cántara o arroba, entre otras, para medir granos y líquidos respectivamente. Las medidas de peso se establecieron a partir del marco, la libra y la onza.

Previo a esta unificación de la metrología española, en 1799 se adoptaba en Francia el Sistema Métrico Decimal (SMD). Este sistema constituyó la solución a los impedimentos y obstáculos propios de los sistemas de medición tradicionales de Francia: los abusos en el pago de los tributos y en las transacciones comerciales, la variedad de medidas entre provincias y la falsificación de patrones. El panorama era alentador y prometedor pero no inmune a dificultades propias de las resistencias de las masas populares, por la supresión de los sistemas que habían sido utilizados años atrás. Como expone Ten (2000, p. 3):

La reforma no consistía solo en cambiar un número por otro. El verdadero problema era hacer que toda la sociedad aceptase la nueva longitud como propia, con sus múltiplos y submúltiplos de nombres extraños... y se atreviera a pronunciarlos ante sus vecinos y a usarlos en sus transacciones. El

verdadero problema era también que la sociedad de la época aprendiese la aritmética y la notación decimales...

La oposición de los ciudadanos y de los comerciantes a la utilización de las nuevas medidas llevó a que en 1813 en Francia se retornara a la utilización de las medidas antiguas y no fue hasta 1840 cuando se instituyese, definitivamente, el SMD en la nación de donde surgió.

En España, al igual que en Francia, encontramos eventos que, aunados al temor de la fuerte resistencia social de un pueblo acostumbrado por años a diversos sistemas de medidas, ralentizaron la introducción del SMD, hasta medio siglo después desde su creación, manteniendo vigente la reforma metrológica de Carlos IV por casi medio siglo.

Aún así, el SMD fue calando en las sociedades convirtiéndose en el sistema de pesas y medidas oficial en la mayoría de países a nivel mundial. Su propagación en otras naciones fue lenta. En 1800 el SMD había sido adoptado únicamente en Francia, nación impulsora de la unificación de pesas y medidas. Un siglo después, su expansión había alcanzado la mayoría de países de Europa Occidental y América Latina. Durante la primera mitad del siglo XX, el sistema ya era oficial también en una gran parte de Asia y solo eran los países de la Commonwealth², junto a Estados Unidos y Japón, los que aún no participaban en la metrología métrico-decimal. En los albores del siglo XXI, toda Europa y Oceanía lo han adoptado; lo mismo que en África y Asia a excepción de Liberia y Myanmar, respectivamente, y Estados Unidos en América.

La Tabla 2 presenta los sistemas de pesas y medidas de Canarias y Castilla en 1852 (fecha de edición del texto) con sus respectivas correspondencias a las unidades del SMD. El primero regido por la unificación metrológica de Carlos IV. Como se logra apreciar, medio siglo después de la pragmática de 1801 se mantiene la diversidad de unidades en las Islas respecto a las de Castilla.

Sistema de pesas y medidas de Canarias		Sistema de pesas y medidas de Castilla	
Medidas lineales			
Unidad	Correspondencia al SMD	Unidad	Correspondencia al SMD
Vara (de Burgos)	0,836 metros (m)	Vara	0,836 m
Medidas de superficie			
Fanega superficial	52,494855 áreas (a)	Fanega superficial (marco real)	64,395617 a
Fanega superficial de la Palma	52,476369 a		
Medidas de capacidad para líquidos			
Arroba de líquidos de Santa Cruz de Tenerife	5,08 litros (L)	Cántara o arroba de vino	16,133 L
Arroba de líquidos de las Palmas	5,34 L	Arroba de aceite	12,563 L
Cuartillo (guía en Canaria)	0,995 L		
Cuartillo de Arrecife en Lanzarote	2,46 L		

² Conocida como la *Commonwealth of Nations*, fue la asociación de diversas entidades políticas que, de forma voluntaria entre 1931 y 1946, mantenían fidelidad a la Corona Británica.



Medidas de capacidad para áridos			
Media fanega de áridos de Sta. Cruz de Tenerife	31,33 L	Fanega de áridos	55,501 L
Medio almud de las Palmas	2,75 L		
Medio almud de (guía de Canaria)	2,84 L		
Medidas ponderales			
Libra (de Castilla)	0,46 Kilogramos (KI)	Libra	0,460093 KI

Tabla 2. Sistema de pesas y medidas de Canarias y Castilla

1.1. La difusión del SMD en España

Estudios previos (Aznar, 1997; Picado, 2009) han apuntado sobre las fuentes y procedimientos para la introducción de las nuevas unidades de medidas del SMD en España. La implantación del SMD en España contó con una de las fuentes más efectivas para la propagación de información: los libros de texto.

A pesar de las adversidades presentadas en este proceso, la impresión de textos legales y particulares para la difusión del SMD en las escuelas de instrucción primaria, la segunda enseñanza, las escuelas normales, la universidad y en otros ámbitos sociales como el ejército, la marina y el comercio no sufrió obstáculo alguno. Por el contrario, los libros de texto se convirtieron en el aliado del Gobierno para la difusión del SMD.

La promulgación de la Ley de Pesas y Medidas de 19 de Julio de 1849 propició una eclosión en la elaboración de textos, manuales y tablas para difundir el nuevo sistema. El comercio, la enseñanza, la agricultura, los requisitos técnicos y científicos, y las disposiciones legales impusieron esta proliferación necesaria de textos. Los estudiantes necesitaban una enseñanza de las nuevas medidas; los comerciantes requerían de un dominio de tablas de equivalencias; los funcionarios urgían de una familiarización con las nuevas medidas; y el mercado nacional, dependiente del gran mercado internacional europeo, demandaba una formación en cuanto al conocimiento de sus equivalencias y utilización.

Los distintos tipos de textos tuvieron por objetivo difundir las unidades de medida establecidas por ley. Esto requería de una serie de procedimientos que aseguraran la difusión del sistema. La instrucción de los niños en las unidades métricas en los establecimientos de educación fue uno de los procedimientos más relevantes en el proceso de implantación del SMD en España. Una mayoría considerable de libros de texto se dedicaron a la instrucción primaria, lo cual no obsta para que se escribieran y editaran libros de texto para la segunda enseñanza y la formación superior en la época, sino que existió un predominio en cuanto a cantidad de textos para este nivel. Además de la inclusión del nuevo sistema en el currículo de matemáticas, el Gobierno de la época optó por la exposición pública de las distintas unidades de medidas del SMD mediante carteles. Otro de los mecanismos utilizados para la propagación de las nuevas medidas, fue la venta de documentos con información teórica y las tablas de equivalencias establecidas para cada provincia.

Dentro de este contexto histórico y como parte de una investigación en curso se presenta en este artículo el análisis de uno de los libros de texto usados en los establecimientos de instrucción primaria para la exposición del SMD en las Islas Canarias.

2. Fundamentación teórica

El estudio en que se enmarca este análisis se sustenta sobre tres áreas temáticas: la educación, la historia y las matemáticas. Esto conduce al abordaje de ideas propias de estas áreas o disciplinas y de los campos que se originan de la relación entre ellas: la educación matemática, la historia de la educación y la historia de las matemáticas, sin dejar de lado las ideas vinculadas al método, las fuentes de información, el contexto y los antecedentes. De esta forma, como se muestra en la Figura 1, se orientan estas ideas sobre la base fundamental del estudio: la investigación en educación matemática, y los aportes que podamos obtener de los métodos y las técnicas propias de la investigación en historia y en matemáticas.

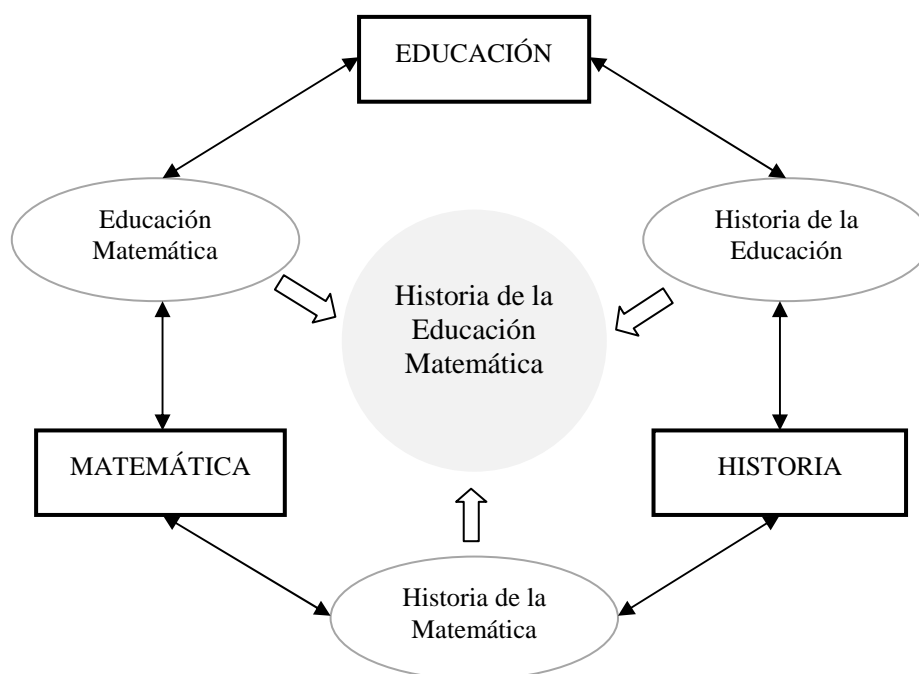


Figura 1. Campo de investigación en Historia de la Educación Matemática

Para sustentar la investigación se han considerado, preliminarmente, algunas especificaciones sobre los libros de texto como instrumentos pedagógicos, como fuentes de información para las investigaciones de tipo educativo e histórico y sobre las técnicas de análisis de textos históricos de matemática (Fernández, 2011; Gómez, 2011; Gómez, 2000; Lizcano, 1993; Maz, 2009; Reed, 1995; Segovia y Rico, 2001; Schubring, 1991).

Una vez seleccionado el tema, se contextualiza el objeto de nuestro estudio: la introducción del SMD en el currículo de matemática para la educación obligatoria. Para ello, se ha partido de su génesis —la medida— y explorado diversas consideraciones históricas sobre su origen, desarrollo e implantación social, subrayando aquellos aspectos de su posterior introducción en España (Almagro-Gorrea, 2000; Aznar, 1997; De Lorenzo, 2000; Gordon-Childe, 1979; Gutiérrez y Peset, 1997; Kula, 1980; Puente, 1982; Ten, 2000). A raíz de la elección geográfica y temporal que sitúan el estudio, se toman en consideración las características sociales, políticas y económicas de la España del siglo XIX



y aspectos claves del desarrollo de la ciencia en este país durante este período. Este es el preámbulo para presentar las ideas relacionadas con la implantación del SMD en la sociedad española de mediados de siglo XIX y su incidencia en el sistema educativo. En este mismo orden de ideas sobresalen algunas sobre el currículo, los planes de estudio, y se abordan los cambios ocurridos en el sistema educativo y los cambios curriculares como consecuencia de la adopción de un nuevo sistema de pesas y medidas y la normativa legal para su enseñanza en las instituciones docentes.

Otras ideas abordan el método histórico y su utilidad en la educación matemática. El interés por investigar sobre historia y su utilidad en didáctica de la matemática muestra el avance en las visiones filosóficas y su distanciamiento de los paradigmas dominantes del pasado (Ruíz, 2003). Se insiste en la contextualización histórica, social, cultural y empírica de la naturaleza de las matemáticas y de su enseñanza para apoyar los procesos cognitivos de los estudiantes, donde el profesor y el libro de texto cumplen un papel fundamental. Las nuevas tendencias en educación matemática, surgidas de múltiples y diversas investigaciones, favorecen la utilización de la historia en esta área y sustentan la implementación del método histórico para indagar en la evolución de conceptos y los métodos para su enseñanza.

Los trabajos de Aróstegui (2001), Ruíz (1997), Salkind (1999) y Cardoso (2000) centran sus planteamientos en el método histórico; con mayor especificidad en la educación matemática, González y Sierra (2003) proponen las fases para la investigación histórica en esta área. Furinghetti (2002); Gómez (2003, 2011); Sierra (1997), entre otros estudios, enfocan la utilidad de la historia en los procesos de enseñanza de la matemática. Este bloque temático cubre las investigaciones preliminares sobre el SMD en España. Destacan los trabajos de Basas (1962), Puente (1982), Ten (1989) y Aznar (1997).

Estos componentes teóricos muestran los fundamentos desde el punto de vista matemático, educativo, histórico y metodológico del estudio y, con ello, se establecen los campos temáticos sobre los cuales se ubica y define la investigación.

3. Propósito del estudio

Las investigaciones preliminares y las inquietudes surgidas a lo largo de este proceso de indagación han llevado al análisis de libros de texto de matemáticas del siglo XIX en distintas regiones del territorio español. Estos estudios han sido un complemento a las ideas propuestas en la investigación en curso sobre el tratamiento dado al SMD en libros de texto de matemáticas para la instrucción primaria, la segunda enseñanza y la formación de profesores en el periodo 1849-1892.

Con el primero de los estudios (Picado, 2009) se analizaron textos de matemáticas para la difusión del SMD en ámbitos como el comercio, la educación, la ciencia, la administración estatal y la actividad social española en general. Este primer acercamiento deriva en dos estudios adicionales. Con uno de ellos se analizan dos textos editados en España peninsular que exponen el SMD con anterioridad a su implantación legal. Textos de la autoría de dos reconocidos matemáticos españoles de la época: Gabriel Ciscar y Ciscar y José Mariano Vallejo y Ortega (Picado y Rico, 2011a). En este caso, el propósito fue indagar sobre la posible influencia que estos textos, pioneros en la introducción literaria del sistema en España, ejercieran en la edición de textos posteriores a la declaración de 1849.

Con la intención de ampliar la delimitación e identificar las particularidades conceptuales, procedimentales, de representación y uso de las nuevas medidas, y didácticas con que se propaga el SMD en las posesiones españolas de Ultramar del siglo XIX, el otro estudio expone los resultados de

analizar estos aspectos en seis textos utilizados para su difusión en Cuba, Filipinas y Puerto Rico (Picado y Rico, 2011b).

En esta oportunidad enfatizamos en un libro de texto de matemática utilizado para la difusión del SMD en la instrucción primaria en las Islas Canarias, específicamente en la entonces provincia de Santa Cruz de Tenerife. El análisis pretende establecer especificidades conceptuales, representativas, contextuales y didácticas en textos para la enseñanza y el aprendizaje del SMD en este territorio, subrayando similitudes y diferencias con textos editados dentro del territorio peninsular, a partir de los estudios anteriores.

Estas ideas, además de ser un aporte a la historia de la educación matemática en España mediante la caracterización de la reforma curricular para la enseñanza de la aritmética ocurrida en este Sistema Educativo con la adopción del SMD en el siglo XIX, resaltan la estructura matemática con que en un inicio se introdujo el SMD en las aulas y las técnicas didácticas utilizadas para su enseñanza. Las descripciones, al igual que los resultados de los estudios previos, pueden ser un soporte histórico en la enseñanza actual de la metrología legal en España; es decir, ser una fuente de datos complementarios para la elaboración de unidades didácticas sobre las pesas y medidas del SMD en la educación primaria.

4. Selección de las fuentes y técnicas de análisis

Los procedimientos para la selección y análisis del libro de texto siguen los principios establecidos y utilizados en las investigaciones previas. A continuación se presenta un detalle de estos procesos con la particularidad del texto en estudio.

4.1. La selección del texto

Para la investigación en curso, la selección de las fuentes se realiza mediante un proceso de búsqueda, localización, revisión y clasificación de libros de texto de matemáticas para la enseñanza del SMD en España durante la segunda mitad del siglo XIX en tres niveles educativos: primaria, secundaria y formación de maestros.

El proceso incluye la definición de criterios de selección, la comprobación de la autenticidad y legitimidad del texto y la valoración de la exactitud de su contenido (Picado y Rico, 2011d). Los criterios para la búsqueda preliminar incluyen la fecha y el lugar de publicación según la delimitación del estudio, título con la denominación SMD, la enseñanza como finalidad, disponibilidad y originalidad del texto.

El listado inicial de textos localizados según estos criterios proporciona dos textos editados en las Islas Canarias. El primero en Santa Cruz de Tenerife en 1852 para uso de las escuelas y el segundo en Las Palmas de Gran Canaria en 1853 para la difusión de tablas comparativas entre las antiguas medidas de Canarias y las nuevas métrico-decimales. Este último se descarta pues su finalidad es más comercial que educativa.

De esta forma, el análisis se centra en la obra de Juan de la Puerta Canseco titulada *Nuevo sistema legal de medidas, pesas y monedas, precedido de unas breves nociones de aritmética decimal para uso de las escuelas de ambos sexos*. La Figura 2 muestra la carátula del libro de texto.



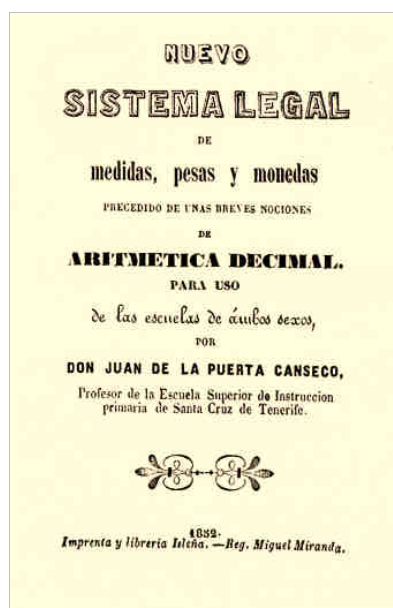


Figura 2. Carátula del libro de texto de Juan de la Puerta Canseco

4.2. Técnicas de análisis

El texto se ha analizado a partir del análisis de contenido y el análisis didáctico. El análisis de contenido se contempla como una herramienta técnica para establecer y estudiar la diversidad de significados escolares de los conceptos y procedimientos de matemáticas que aparecen en el libro de texto. Por tanto, con el análisis de contenido de los libros de texto históricos se propone realizar una adecuada selección de registros para interpretar y desentrañar el conocimiento que sus autores transmiten y así esclarecer el significado que, en un momento histórico concreto, otorgan a determinados conceptos matemáticos (Gómez, 2007; Rico, 1997a, 1997b, 2006; Rico, Marín, Lupiáñez y Gómez, 2008). Desde una perspectiva didáctica, analizar libros de texto antiguos de matemáticas conlleva considerar también los fines que se pretenden con su enseñanza, las expectativas, limitaciones y oportunidades sobre el aprendizaje matemático escolar que implica nuevas subcategorías para el estudio, análisis e interpretación de los libros de texto (Gómez, 2002; Lupiáñez, 2009; Rico, et al., 2008).

De esta forma se implementa nuestro análisis de libros de texto antiguos en educación matemática subrayando distintas herramientas técnicas para llevar a cabo tal análisis de textos antiguos (Picado y Rico, 2011c). Específicamente, el estudio del libro de texto se lleva a cabo a partir de la definición de dominios, categorías y unidades de análisis desde las técnicas implementadas. Estos aspectos se detallan en el siguiente apartado que muestra además la información y las particularidades encontradas en el libro de texto.

5. Análisis del texto

La información se organiza en tres dominios de caracterización: autor, estructura y contenido matemático. Para cada una de ellas se establecen categorías compuestas por unidades de análisis. El dominio para el autor incluye las categorías de información personal y profesional del autor de la obra. La caracterización de la estructura recoge en una sola categoría las particularidades en la forma de la

obra como texto. La caracterización del contenido permite destacar generalidades, la estructura conceptual, las representaciones, los contextos y situaciones, las finalidades y objetivos, las dificultades, las tareas y los materiales sugeridos para la enseñanza y el aprendizaje del SMD.

5.1. Caracterización del autor

Juan de la Puerta Canseco (1827-1902) se desempeñó como profesor de escuela de instrucción primaria, oficio que le vinculaba al sistema educativo español del siglo XIX. Su designación como secretario de la Junta de Instrucción Pública de Santa Cruz de Tenerife fortalece este vínculo y le permite la edición de textos en otras áreas como la historia, sin dejar de lado la escritura de libros de textos para la enseñanza de las matemáticas en la instrucción primaria.³ Sus obras reflejan un interés por formar para las necesidades educativas básicas de un escolar de la época, los conocimientos matemáticos básicos y sus aplicaciones en los usos del comercio común de la época. Como dato adicional, también se desempeñó como miembro de las Sociedades Económicas de Amigos del País.

5.2. Caracterización de la estructura

El libro de texto se orienta a la instrucción primaria. En las 47 páginas que lo componen se expone el SMD precedido por apartados sobre los números decimales, las cuatro operaciones básicas y la valuación de los decimales⁴. La exposición de la nueva metrología finaliza con el sistema monetario, según la Real orden de 15 de Abril de 1848, la presentación de tablas de correspondencia y el planteo de problemas.

En el documento se sigue la forma de catecismo para la redacción y presentación de las ideas; es decir, se compone de una serie de cuestionamientos con su respectiva respuesta con la intención que estas sean recordadas por los estudiantes. Esto corresponde a una metodología común de la época y se sustenta en la creencia de que el aprendizaje es una cuestión de memorización.

El autor presenta su libro de texto como un *cuaderno*. Esta clasificación se entiende a partir de la definición de cuaderno como un libro breve con un formato económico, de tapas blandas y tamaño reducido en que se plasma las materias esenciales para una enseñanza específica: el SMD.

5.3. Caracterización del contenido

El contenido del libro de texto se caracteriza desde tres categorías: generalidades, contenido matemático y didáctica. Las generalidades incluyen unidades de análisis como aspectos históricos, conocimientos previos, normativa legal e impacto social del SMD. El contenido matemático se organiza en conceptos y procedimientos, representaciones y contextos. La categoría didáctica enfoca las finalidades y objetivos, el aprendizaje, las dificultades y oportunidades, las tareas, secuencias y materiales.

Generalidades

³ Entre sus obras están *Compendio de historia de las Canarias: para uso de los niños* (1867), la quinta edición de su *Compendio de aritmética para uso de las escuelas primarias de uno y otro sexo* (1868) y *Cartilla comercial: arreglada para uso de los niños* (1870)

⁴ Valuar decimales se entiende como el proceso para establecer equivalencias de una fracción decimal para una unidad específica respecto a la unidad inferior.



El libro de texto incorpora los artículos 10º, 11º y 12º de la Ley de Pesas y Medidas de 19 de Julio de 1849 sobre la obligatoriedad de uso del sistema para todos los españoles a partir de 1860, su inclusión en la enseñanza primaria y en las dependencias del Estado.

Contenido matemático

Los decimales y las cuatro operaciones aritméticas básicas se consideran como los conocimientos previos a la exposición y aprendizaje del SMD. Los números decimales se conciben como “los que consideran dividida la unidad, en 10, 100, 1000, 10000, 100000, etc. partes iguales” (p.7).

Las nociones de cantidad, unidad y medida se abordan de manera indirecta en distintas partes del documento. Por ejemplo, para definir la “unidad” principal o usual para cada especie de “medida” y la escritura de “cantidades” métrico decimales. La noción de magnitud no se incluyen en el texto y la noción de número se limita a la presentación de los números decimales, los preliminares del SMD. Se carece de definiciones explícitas sobre estos conceptos, razón por la cual no se abordan para este estudio.

Los conceptos abordados se refieren fundamentalmente al sistema métrico y las unidades que lo componen. El SMD es presentado como el “conjunto de pesas y medidas últimamente prescritas en nuestra Nación [España]” (p. 13) cuya unidad fundamental es el metro. La definición del metro se precisa del resultado de la medición del meridiano terrestre, equivalente a la longitud de la diezmillonésima parte del cuadrante del mismo, y la unidad principal para las medidas de longitud.

Del metro derivan las cinco unidades principales que completan su estructura. Para las lineales el metro, para las superficiales el metro cuadrado, el metro cúbico para las de volumen, el litro para la capacidad y para el peso el gramo. Cada una de ellas recibe un trato individual, destacando la definición de la misma, su utilidad, sus múltiplos y submúltiplos y algunas correspondencias con sus homólogas de Castilla.

En cuanto a la definición de los múltiplos y submúltiplos esta se realiza desde el orden decimal. La nomenclatura se designa con la anteposición de las palabras griegas Miria, Kilo, Hecto y Deca para las unidades superiores y las palabras latinas deci, centi y mili para las inferiores.

Procedimentalmente, el libro de texto expone la forma de llevar a cabo la lectura y escritura de decimales y las operaciones aritméticas. Propiamente para el SMD, se presenta la forma de definir los múltiplos y submúltiplos y de realizar conversiones y establecer equivalencias con las unidades antiguas. La Figura 3 muestra el procedimiento seguido para establecer equivalencias entre unidades cuadráticas.

- P. Cuántas Areas valen, pues, 10 estadales, 3 varas y 2 pies cuadrados?
R. Esa cantidad es igual a 1469 pies cuadrados; ahora dividiendo este número por 1288·033825 pies cuadrados que vale el Area, obtendremos el cociente 1·14049623 que son las Areas a que equivale; luego 10 estadales cuadrados, 2 varas cuadradas y 3 pies cuadrados, igual a 1·14049623 A.

Figura 3. Procedimiento para establecer equivalencias entre unidades cuadradas

El sistema de representación predominante de las nuevas unidades de pesas y medidas es el verbal. También destaca el modo simbólico mediante signos, números y abreviaturas. La utilización de tablas para la representación de correspondencias completa las representaciones comúnmente identificadas en los textos. En las Figuras 4 y 5 se incluyen dos casos de representación tabular.

Correspondencia de las unidades métricas con las principales de Canarias.

LINEALES.....	El Metro.	= 4 vara 7 pulgadas y 9 puntos.	
SUPERFICIALES..	El Arro.	= 30'479 brazas.	
De capacidad	Líquidos.	El Litro.	= 0'985 de cuartillo(Sta. Cruz de Tenerife)
		€	= 0'936 idem.....(Las Palmas)
		€	= 1'003 cuartillos(Guía en Canaria)
	Aridos...	€	= 0'406 de idem.....(Arrecife en Lanzarote)
		El litro de grano	= 0'766 idem.....(Sta. Cruz de Tenerife.)
		€	= 0'182 almudes.....(Las Palmas.)
PONDERALES.	El Kilogramo.	= 2 lbs. 2 onz. 42'39 adarmes como en Castilla.)	

Figura 4. Modo de representación tabular

En la Figura 4 se aprecia la organización por filas y columnas para la exposición de equivalencias —y las particularidades en las Islas— para las unidades lineales, superficiales, de capacidad y peso del sistema métrico con sus homólogas en las Islas Canarias.

Otra representación tabular se muestra en la Figura 5 para las equivalencias decimales entre la unidad principal, los múltiplos y submúltiplos. Este tipo de representación se concibe como una estrategia para el aprendizaje y el establecimiento de este tipo de igualdades.

Mirímetro cuadrado.		Kilómetro cuadrado.				
100	10000	100	Hectárea.		AREA.	
1000000	1000000	10000	100	CARTIENA.		
1000000000	1000000000	1000000	10000	100	decímetro cuad.	
100000000000	100000000000	1000000000	1000000	10000	100	cent. cuad.
10000000000000	10000000000000	100000000000	1000000000	1000000	10000	100

Figura 5. Modo de representación tabular

En el caso específico de la representación, las correspondencias decimales entre los múltiplos y submúltiplos de la unidad cuadrada se obtienen agregando dos ceros a la izquierda conforme se pasa de una de estas unidades a una inferior (o en su caso, eliminando dos ceros a la izquierda para pasar a una unidad superior).

Una variante en las representaciones es la inclusión de ilustraciones y la descripción de instrumentos. A pesar de ser la única representación gráfica, incluir un cuadrado como ilustración de



la unidad principal para las medidas superficiales transforma el metro cuadrado en un elemento concreto, estableciendo además un vínculo entre el sistema metrológico y determinados conceptos geométricos (Figura 6). La relación se fortalece con la mención del cubo y algunos de sus elementos como la arista en la descripción del metro cúbico.

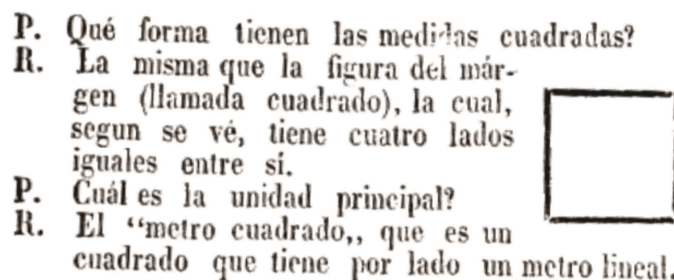


Figura 6. Modo de representación gráfico

Conceptualmente el SMD se presenta como una estructura matemática, es decir, un conjunto de conceptos matemáticos, representaciones simbólicas y procedimientos relacionados entre sí para la exposición de las unidades de pesas y medidas fundamentadas en el metro y la numeración decimal. La inclusión de elementos geométricos y la descripción de instrumentos para llevar a cabo las mediciones concretan sus componentes. El autor procura acercar el nuevo sistema con la realidad social en las Islas destacando así su utilidad en las actividades comunes de los pobladores. Esta cercanía con la realidad se hace también palpable con las especificaciones del uso de cada una de las unidades principales. Situaciones propias de los contextos científico, comercial, matemático y técnico son las utilizadas para la aplicación de las pesas y medidas métrico-decimales.

Contexto físico-natural. La presentación del gramo y el kilogramo incluye la descripción de procesos físicos involucrados en su definición. "El Kilogramo es, pues, igual al peso de un Litro de agua destilada á la temperatura de 4 grados sobre cero del termómetro centígrado y pesada en el vacío" (p. 34).

Matemático. Las situaciones de cálculo aritmético son las predominantes para presentar la aplicabilidad del sistema (Figura 7).

$$1634\cdot32 \text{ M.} + 8\cdot16 \text{ M.} + 638\text{M.} = 2300\cdot78 \text{ M.}$$

Figura 7. Situación de compra de productos

Contexto comercial. Se presentan situaciones de compra y venta de productos tradicionales y especificaciones de uso de las medidas para el aceite, el vino, el trigo, el arroz. La Figura 8 muestra un caso particular que utiliza productos como el jabón y el aceite para establecer costos.

Técnico. Las unidades métrico-decimales se utilizan en situaciones de construcción de caminos, fabricación de muebles y la medición de terrenos; también se ejemplifica su uso en la medida de objetos como cuerdas, maderos, telas; de distancias entre dos puntos y superficies como paredes, peñas y el suelo de una habitación.

P. Cuánto importan 24·633 Kg. de jabón a 4·83 B. el Kilógramo?
R. 24·633 Kg. \times 4·83 B. = 119·1795 B.

Figura 8. Situación de compra de productos

Didáctica

Dentro de los aspectos didácticos se distinguen los fines formativo, político, cultural y social (Rico, 1997a). El objetivo del autor es elaborar un libro de texto, para uso de los maestros y estudiantes de primaria, que transmita los conceptos y procedimientos básicos del SMD y capacite en la aplicación de estas unidades de pesas y medidas, implantadas por el Gobierno, en las actividades comunes de los ciudadanos de las Islas Canarias.

La estructura conceptual del sistema, incluidas las representaciones y situaciones para su puesta en práctica, se complementa con algunas tareas. Éstas corresponden a ejemplos y al planteamiento de problemas, además de una serie de ideas concebidas y preparadas por el autor con las que, secuencialmente, expone los principios fundamentales del SMD: tipos de medidas, unidades principales, utilidad, múltiplos y submúltiplos, equivalencias y correspondencias con las antiguas.

En la Figura 9 se muestra un ejemplo para la escritura de unidades de peso y uno de los problemas planteados al final del texto para la aplicación de operaciones aritméticas con las nuevas unidades de medida.

Ejemplo 1.º 64 Kg, 7 Hg, 4 G, 6 cg. y 2 mg se escriben de este modo: 64·704002 Kg. ó bien 64704·062 G. ó bien 6·4704002 Mg.

P. Un carpintero necesita para un pavimento 1654·32 M. de tabla de un ancho determinado; para la construcción de una mesa 846 cm.; para el techo de una habitación 63·8 Dm. ¿Qué cantidad de tabla debe comprar?
R. 1654·32 M. + 8·46 M. + 638 M. = 2300·78 M.

Figura 9. Tareas presentadas

6. Consideraciones finales

En un marco general, se pueden identificar tres momentos en la difusión del SMD en el sistema educativo español del siglo XIX. Primero, la incorporación de las nuevas pesas y medidas se realiza con la edición de libros de texto exclusivos para esta enseñanza en los distintos niveles del sistema educativo. Segundo, la inclusión del SMD corresponde a un apartado independiente del contenido matemático del libro de texto. Tercero, el SMD forma parte integral de la estructura conceptual que conforma el libro de texto.

El texto de Juan de la Puerta Canseco es un caso más de los libros de texto elaborados para una exposición exclusiva del SMD cuyo análisis permite completar la identificación de las tendencias y las implicaciones conceptuales, representativas, fenomenológicas y didácticas reconocidas en diversos libros de texto de la Península en la segunda mitad del siglo XIX. Con el objeto de incluir expresamente contenidos necesarios para una mejor comprensión del tema se establece un vínculo entre los números decimales y las unidades principales, superiores e inferiores de cada una de los tipos de medida. Asimismo, este vínculo enlaza las operaciones adición, sustracción, multiplicación y



división con la numeración métrico-decimal. Estas particularidades son dos de las razones para incluir el SMD en los textos de aritmética.

Es evidente la influencia del poder político de la época en la elaboración del libro de texto. La inclusión literal de una sección de la Ley de Pesas y Medidas de 19 de Julio de 1849 expresa la presión política ejercida en el sistema educativo derivando la reforma en los planes de estudio de matemática como parte del proceso de implantación del SMD en todo el territorio español. A pesar de no estar incluido como parte del sistema, tal como sucede en otros textos analizados, el sistema monetario aparece anexo al SMD resaltando la normativa monetaria y particularidades de la misma como la definición del real como unidad básica, el Escudo y el Doblón de Isabel como múltiplos, la décima y el céntimo como divisores.

En cuanto al autor del libro de texto, se identifica dentro del perfil común de quienes elaboran los textos analizados —tanto los editados en la Península como el documento en cuestión—. El autor, de la Puerta Canseco, tiene una relación directa con la educación: se desempeña como maestro de instrucción primaria y luego como funcionario para la organización de la educación pública. Así, la figura del maestro como autor de libros de texto para la difusión del SMD se extiende a los territorios insulares españoles.

La Figura 10 sintetiza la estructura conceptual del SMD identificada en el libro de texto. El sistema se compone de una unidad fundamental, el metro, que deriva las unidades principales de las cinco especies de medida consideradas. La familiaridad del sistema con los decimales y las operaciones básicas proporciona una subestructura de múltiplos y submúltiplos para las distintas medidas; en esta se destaca su equivalencia decimal y la nomenclatura utilizada, definida a partir del significado de vocablos griegos y latinos. Las nociones de cantidad, unidad y medida se implican en la presentación de estos conceptos sin una presentación explícita de los mismos, ya que tampoco aparecen explícitamente en el libro.

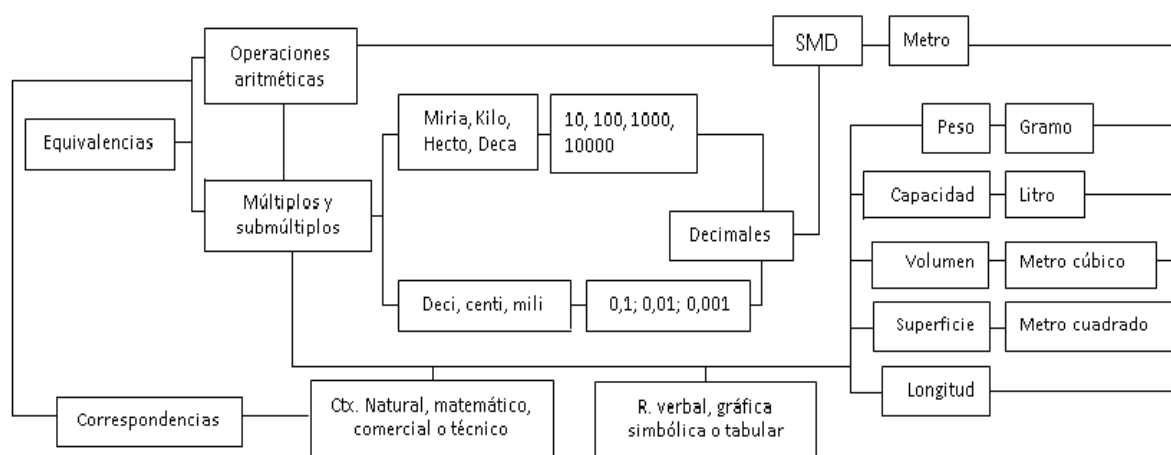


Figura 10. Mapa conceptual del SMD

Las operaciones juegan un papel fundamental pues proporcionan la estructura para poner en práctica la utilidad del sistema. Establecer equivalencias entre múltiplos y submúltiplos y correspondencias con las unidades antiguas de las Canarias son el ejemplo más común para el uso de las operaciones aritméticas. Esta información permite reconocer una estructura básica para el SMD. El

autor expone en sus ideas los rudimentos básicos de la nueva metrología: unidad fundamental, unidades principales, múltiplos y submúltiplos, nomenclatura, equivalencias y uso.

Desde una perspectiva didáctica, se reconoce la intención educativa del libro de texto. Aunado a los fines expuestos, la presentación de las ideas pretende la enseñanza de nuevo conocimiento matemático útil en las actividades comunes y su aprendizaje mediante el recurso memorístico y algunas asignaciones para su puesta en práctica. Esto se reconoce también en otros libros de texto que procuran el uso de la memoria como recurso más eficaz —en la época— para el aprendizaje y el planteo de situaciones–problema cuya solución exige aplicar los conocimientos que se esperan adquiridos.

Como reflexión final, este libro de texto de las Islas Canarias comparte varias de las características atribuidas a los documentos analizados en los estudios previos editados en la Península. Su objetivo es la instrucción de niños en el tema mediante la exposición de conceptos, procedimientos y representaciones relativas a las pesas y medidas adoptadas legalmente en España. Otras similitudes tienen que ver con los modos de representación y los contextos dentro de los cuales se presentan las nuevas unidades métrico-decimales. Las representaciones gráficas son escasas; los conceptos y los procedimientos se presentan mediante los modos verbal, simbólico y tabular predominantes en los textos analizados de esta época. Por su parte, presentar la utilidad de las unidades a través de situaciones de compra y venta de productos, físico-naturales, técnicas y de cálculo aritmético mantiene la tendencia en cuanto a los contextos en los que se enmarca el SMD destacando el matemático como el más común de los mencionados.

Finalmente, sobresale del libro de texto el vínculo expreso del SMD con los decimales y las operaciones de suma, resta, multiplicación y división. Este es un caso singular entre los textos analizados en los estudios preliminares y la investigación en curso. La especificación del autor y el contenido de la obra permiten afirmar que el conocimiento de estos principios aritméticos fue un aspecto relevante para el aprendizaje y posterior utilización del SMD en la sociedad canaria, como se muestra en este libro. Estas consideraciones plantean interrogantes sobre las posibles tendencias conceptuales, representacionales, fenomenológicas y didácticas utilizadas para la enseñanza del SMD en la educación primaria de la sociedad canaria del siglo XIX y su relación (o influencia) con las tendencias de este tipo y nivel educativo en libros de texto peninsulares.

Al finalizar el estudio se localizó otro libro de texto: “Esplicación del nuevo sistema de pesas y medidas llamado Sistema Métrico Decimal” cuyo autor no se identifica con claridad (D. B. A. y F.) editado en 1852 en la imprenta de Francisco Rámis de la Palma. Un estudio de su contenido permitiría estudiar algunas tendencias en la presentación del SMD en las Islas Canarias como la exposición de las nociones de unidad, medida y cantidad preliminarmente a la presentación del SMD y la omisión de los números decimales como conocimientos previos para la enseñanza y el aprendizaje de las distintas medidas y sus estructuras.

Bibliografía

- Almagro-Gorrea, M. (2000). *Las medidas en España de la Prehistoria a la Antigüedad*. Recuperado el 07 de julio de 2010, de Museo Virtual de la Ciencia. Las Medidas y las Matemáticas: http://museovirtual.csic.es/salas/medida/medidas_y_matematicas/articulo11.htm
- Aróstegui, J. (2001). *La investigación histórica: teoría y método*. Barcelona, España: Crítica.
- Aznar, J. V. (1997). *La unificación de los pesos y medidas en España durante el siglo XIX*. Tesis doctoral, Universidad de Valencia, España.



- Basas, M. (1962). *Introducción en España del Sistema Métrico Decimal*. Milán, Italia: Dott. A. Giuffrè.
- Cardoso, C. (2000). *Introducción al trabajo de la investigación histórica: conocimiento, método e historia*. Barcelona, España: Crítica.
- De Lorenzo, J. A. (2000). *La medida en el camino entre la significación y la convención*. Recuperado el 07 de julio de 2010, de Museo Virtual de la Ciencia. Las Medidas y las Matemáticas: http://museovirtual.csic.es/salas/medida/medidas_y_matematicas/articulo22.htm
- Fernández, C. (2011). Análisis de temas en los libros de texto de matemáticas. *UNO*, 56, 77-85.
- Furinghetti, F. (2002). On the role of the history of mathematics in mathematics education. En I. Vakalis, D. Hughes Hallett, C. Kourouniotis, D. Quinney y C. Tzanakis (Eds.), *Proceedings of ICTM2* (Hersonissos, Crete, Greece), CD-Rom, J. Wiley e hijos. En las actas del programa p.51.
- Gómez, B. (2000). Los libros de texto de matemáticas. *NÚMEROS*, 43-44, 77-80.
- Gómez, B. (2003). La investigación histórica en didáctica de la matemática. En E. Castro (Coord.), *Investigación en Educación Matemática. Séptimo Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (pp. 79-86). Granada, España; Universidad de Granada.
- Gómez, B. (2011). El análisis de manuales y la identificación de problemas de investigación en didáctica de las matemáticas. *PNA*, 5(2), 49-65.
- Gómez, P. (2002). Análisis didáctico y diseño curricular en matemáticas. *EMA*, 7(3), 251-292.
- Gómez, P. (2007). *Desarrollo del conocimiento didáctico en un plan de formación inicial de profesores de matemáticas de secundaria*. Tesis doctoral, Universidad de Granada, España.
- González, M. T. y Sierra, M. (2003). El método de investigación histórico en la didáctica del análisis matemático. En E. Castro (Coord.), *Investigación en Educación Matemática. Séptimo Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (pp. 109-130). Granada, España: Universidad de Granada.
- Gordon-Childe, V. (1979). *Los orígenes de la civilización*. Madrid, España: Fondo de Cultura Económica.
- Gutiérrez, J. y Peset, J. (1997). *Historia de la ciencia y de la técnica. Metro y kilo: el sistema métrico decimal en España*. Madrid, España: AKAL.
- Kula, W. (1980). *Las medidas y los hombres* (W. Kuss, Trad.) Madrid, España: Siglo XXI.
- Lizcano, E. (1993). *Imaginario colectivo y creación matemática*. Barcelona, España: Gedisa.
- Lupión, J. L. (2009). *Expectativas de aprendizaje y planificación curricular en un programa de formación inicial de profesores de matemáticas de secundaria*. Tesis doctoral, Universidad de Granada, España.
- Maz, A. (2009). Investigación histórica de conceptos en los libros de matemáticas. En M. González, M. González y J. Murillo (Eds.), *Investigación en educación matemática. Decimotercer Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (pp. 5-20). Santander, España: Universidad de Cantabria.
- Picado, M. (2009). *Tratamiento del Sistema Métrico Decimal en textos de matemáticas en España en el período 1849-1892*. Tesis de maestría, Universidad de Granada, España.
- Picado, M. y Rico, L. (2011a, mayo). La introducción en España del sistema métrico decimal: un estudio de los textos de Gabriel Ciscar y José Mariano Vallejo. *Actas del I Congreso Iberoamericano de Historia de la Educación Matemática*. Covilhã, Portugal.
- Picado, M. y Rico, L. (2011b, Junio). El sistema métrico decimal en textos de matemáticas en Cuba, Puerto Rico y Filipinas en la segunda mitad del siglo XIX. En Gitirana, A., Bellemain, F., Branco, W., Lisboa, G., Guimarães, G., Gomes, F., et al. (Eds.), *Actas de la XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Recife, Brasil: Laboratório de Educação Matemática e Tecnológica.
- Picado, M. y Rico, L. (2011c). Análisis de contenido en textos históricos de matemáticas. *PNA*, 6(1), 11-27.
- Picado, M. y Rico, L. (2011d). La selección de textos en la investigación histórica. *EPSILON*, 28(1), 99-112.

- Puente, G. (1982). El sistema métrico decimal: su importancia e implantación en España. *Cuadernos de Historia Moderna y Contemporánea*, 3, 95-125.
- Reed, D. (1995). *Figures of thought. Mathematics and mathematical texts*. London: Routledge.
- Rico, L. (1997a). Dimensiones y componentes de la noción de currículo. En L. Rico (Ed.), *Bases Teóricas del Currículo de Matemáticas en Educación Secundaria* (pp. 377-420). Madrid, España: Síntesis.
- Rico, L. (1997b). Los organizadores del currículo de matemáticas. En L. Rico (Ed.), *La educación matemática en la enseñanza secundaria*. Barcelona, España: Horsori.
- Rico, L. (2006). Marco teórico de evaluación PISA sobre matemáticas y resolución de problemas. *Revista de Educación, número extra 1*, 284-285.
- Rico, L.; Marín, A.; Lupiáñez, J. L.; y Gómez, P. (2008). Planificación de las matemáticas escolares en secundaria. El caso de los números naturales. *Suma*, 58, 7-23.
- Ruiz, E. (1997). La socialización del saber (1): la escuela pública liberal. En J. M. Jover (Dir.), *Los fundamentos de la España liberal (1834-1900). La sociedad, la economía y las formas de vida* (Tomo 33) (pp. 778-834). Madrid, España: Espasa-Calpe.
- Salkind, N. J. (1999). *Métodos de investigación*. México D.F., México: Prentice-Hall.
- Schubring, G. (1991). Categorías teóricas para la investigación en la historia social de la enseñanza de la matemática y algunos modelos característicos. *ÉPSILON*, 19, 100-104.
- Segovia, I. y Rico, L. (2001). Unidades didácticas. Organizadores. En E. Castro. (Ed.), *Didáctica de la matemática en la educación primaria* (pp. 83-104). Madrid, España: Síntesis.
- Sierra, M. (1997). Notas de historia de las matemáticas para el currículo de secundaria. En L. Rico (Coord.), *La educación matemática en la enseñanza secundaria* (pp. 179-194). Barcelona, España: Horsori.
- Ten, A. (1989). El sistema métrico decimal y España. *Arbor*, (527/528), 101-121.
- Ten, A. (2000). *Viejos y nuevos sistemas metrológicos*. Recuperado el 07 de julio de 2010, de: http://museovirtual.csic.es/salas/medida/medidas_y_matematicas/articulo55.htm

Miguel Picado, licenciado en Enseñanza de las Matemáticas por la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA); máster por la Universidad de Granada y doctorando en el Departamento de Didáctica de la Matemática de este centro de estudios. Académico de la Escuela de Matemáticas de la UNA. Becario de este centro de formación superior y del Fondo de Incentivos del Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la República de Costa Rica. miguepicado@hotmail.com

Luis Rico, doctor en Matemáticas. Catedrático y Director del Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada. Miembro del Grupo Internacional de Expertos en Matemáticas para el Proyecto PISA 2003 de la OCDE, (2000- 2004). Spanish National Research Coordinator of the Teachers Education Study in Mathematics (TEDS-M), International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) (2006-2011). Investigador principal del Equipo “Didáctica de la Matemática: Pensamiento Numérico”, FQM-193. I, II y III Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación (PAIDI) de la Junta de Andalucía (1988-2011). lrico@ugr.es

Bernardo Gómez, doctor en Didáctica de las Matemáticas y Director del Departamento de Didáctica de las Matemáticas de la Universidad de Valencia. Ex presidente de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM) y miembro del Consejo de Redacción de la revista Enseñanza de las Ciencias. bernardo.gomez@uv.es

