

## Tratamiento del Sistema Métrico Decimal en textos de matemáticas de Cuba, Filipinas y Puerto Rico en la segunda mitad del siglo XIX

Miguel Picado, Luis Rico

Fecha de recepción: 19/11/2011

Fecha de aceptación: 27/05/2013

|                        |   |
|------------------------|---|
| <p><b>Resumen</b></p>  | <p>El artículo muestra los resultados de un estudio histórico sobre el tratamiento dado al Sistema Métrico Decimal en textos de matemáticas publicados en Cuba, Puerto Rico y Filipinas en la segunda mitad del siglo XIX. Este estudio se desprende de un trabajo previo realizado en 2009 sobre la misma temática, contextualizado en España, del que se derivaron nuevos conocimientos sobre el proceso de difusión de este sistema métrico y de su inclusión en textos de matemáticas para diversos ámbitos sociales.</p> <p><b>Palabras clave:</b> Análisis de textos; Sistema Métrico Decimal; Textos de matemáticas.</p> |
| <p><b>Abstract</b></p> | <p>The paper presents the findings of a historic study on the treatment of the Metric System in math texts published in Cuba, Puerto Rico and the Philippines in the second half of the nineteenth century. This study follows a previous work conducted in 2009 on the same topic contextualized in Spain and claims that arose from the diffusion process of this system and inclusion in mathematical textbooks for various levels of society.</p> <p><b>Keywords:</b> Texts analysis; Mathematics textbooks; Metric System.</p>   |
| <p><b>Resumo</b></p>   | <p>O artigo mostra os resultados de um estudo histórico sobre o tratamento dado ao sistema métrico decimal em textos de matemática publicados em Cuba, Porto Rico e nas Filipinas durante a segunda metade do século XIX. Este estudo dá continuidade a um trabalho anterior realizado em 2009 sobre o mesmo tema, contextualizado na Espanha, do qual foram derivados novos conhecimentos sobre o processo de difusão deste sistema e a sua inclusão em livros didáticos de matemática para diversos extratos sociais.</p> <p><b>Palavras-chave:</b> Análise de textos; Sistema Métrico; Textos de matemática</p>              |

### 1. Introducción

El estudio que se presenta corresponde a una ampliación del trabajo previo (Picado, 2009) realizado en el Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada sobre el tratamiento del Sistema Métrico Decimal (SMD) en textos de matemáticas en España durante el período 1849-1892. Esta delimitación temporal se define a partir de dos momentos específicos en la historia de la implantación del SMD en España: la promulgación de la Ley de Pesas y Medidas de 19 de Julio de 1849, que establece un único sistema de pesas y medidas, y la Ley de 8 de Julio de 1892 que declara la obligatoriedad en cuanto al uso del sistema y

pone fin a una extensa etapa de transición legal entre las medidas de Castilla y las métrico-decimales.

El estudio preliminar incluye la selección, revisión y análisis de textos de matemáticas editados en España entre 1849-1892 con el fin de lograr una aproximación a las formas de presentar, representar y tratar las unidades de pesas y medidas del que fuera un nuevo sistema metrológico, acompañado de una descripción de las fuentes y los procedimientos que caracterizan la introducción del SMD, una caracterización del proceso de divulgación y de las dificultades que se presentaron ante las nuevas unidades de pesas y medidas, y de las contribuciones de matemáticos españoles al proceso de unificación metrológica en España.

Metodológicamente, se toma como referencia una síntesis de los planteamientos sobre el método histórico realizados por Aróstegui (1995), Ruíz (1997), Salkind (1999), Cardoso (2000), González y Sierra (2003). Se definen cinco fases para la investigación:

1. *Planteamiento*, que abarca el tipo de investigación y la presentación del problema, objetivos y conjeturas definidos
2. *Búsqueda, localización y selección* de las fuentes documentales y proceso de crítica histórica
3. *Análisis de las fuentes seleccionadas* mediante categorías previamente definidas
4. *Integración e interpretación* de los datos y verificación de las conjeturas y
5. *Exposición* de resultados

Durante la fase de búsqueda, localización y selección de los documentos se identifican textos que muestran los conceptos, representaciones, situaciones, procedimientos y tareas con que se introduce el SMD en las colonias españolas de Ultramar en el siglo XIX: Cuba, Filipinas y Puerto Rico, que a raíz de la delimitación del tema y los criterios de selección quedan excluidos del estudio preliminar.

En esta oportunidad se presenta el análisis de esos textos y sus resultados como complemento al estudio del 2009 y como aporte a la historia metrológica de estas tres naciones. El vínculo político, educativo y social entre España y sus colonias de Ultramar en el siglo XIX nos conducen a un propósito particular: estudiar y caracterizar el tratamiento que se da al SMD en Cuba, Filipinas y Puerto Rico a partir del análisis de textos de matemáticas editados en la segunda mitad del siglo XIX (1849-1899). Textos que han surgido durante el proceso de selección del estudio preliminar y que se analizan mediante la aplicación de las técnicas de análisis: análisis de contenido y análisis didáctico.

## 2. Selección y análisis de los textos

La selección de los textos inició con la búsqueda y localización de obras en la Biblioteca General de la Universidad de Granada y la Biblioteca Nacional de España. Esta actividad condujo al registro de una lista considerable de documentos relacionados con la enseñanza y difusión del SMD. La selección razonada y justificada de los textos requirió la definición de criterios. Entre ellos, la inclusión de la denominación SMD en el título de la obra; la fecha y el lugar de publicación; y la disponibilidad y originalidad del ejemplar como criterios iniciales.

La segunda fase de selección contó con criterios como la representatividad de la obra en el proceso de implantación del SMD, a partir del reconocimiento y la definición de tres etapas históricas; la finalidad y estilo; y, la profesión y relevancia del autor en la época. Las etapas históricas definidas —correspondientes a uno de los resultados del estudio— permiten una organización de los textos según acontecimientos relevantes en el proceso de implantación del SMD en la sociedad española (Picado y Rico, 2011b). Estas se han nombrado: etapa de promulgación e inserción estatal (1849-1867), etapa de generalización (1868-1879) y etapa de legalización y obligatoriedad (1880-1892).

La técnica de selección utilizada produjo un listado de 92 documentos en la primera fase y doce en la segunda que, finalmente, fueron los textos analizados en el estudio previo (Picado y Rico, 2011b). El estudio actual incluye seis manuales. Estos son:

- *Tratado sobre el Sistema Métrico Decimal de Pesos y Medidas, sus equivalencias con las españolas y de estas con las extranjeras, puesto al alcance de todos, con varias cuestiones* de José María García de Haro (1852) publicado en La Habana, Cuba, por la Imprenta y Librería de Graupera.
- *Prontuario del Sistema Legal de Pesas, Medidas y Monedas, o sea el Sistema Métrico Decimal mandado observar por la Ley de 19 de Julio de 1849 y el nuevo sistema monetario por la de 15 de abril de 1848 con un apéndice que comprende varias tablas para la reducción de las medidas nuevas en las antiguas y estas en aquellas* de Pelayo González de los Ríos (1862). Habana: Imprenta de Gobierno y Capitanía General por S. M.
- *El Contador ó Tablas de Reducción de las Pesas y Medidas legales de Castilla y demás que están en uso en las Islas Filipinas a las del Nuevo Sistema Métrico Decimal y recíprocamente, como del Sistema Monetario* de Juan de la Cavada (1865) publicado en Manila, Filipinas por el Establecimiento Tipográfico de Amigos del País.
- *Sistema Métrico Decimal de Pesas y Medidas* de Ramón Irureta (1893). Manila: Tipografía A. del país.
- *Catecismo del Sistema Métrico Decimal ó teoría de las nuevas pesas, medidas y monedas legales que deben regir en todos los dominios españoles desde 1° de Enero de 1860. Aumentado con tablas de las medidas del sistema antiguo y sus equivalencias con las decimales y vice-versa* de Pascacio Sancérrit (1860) publicado en Puerto Rico por la Imprenta de Acosta.
- *Elementos de Sistema Métrico Decimal acompañado de Tablas de Equivalencias de dicho sistema al Antiguo de Pesas y Medidas* de Luis Alvarado (1883). Puerto Rico: Imprenta de José González Font.

Para el análisis de los textos se utilizan las técnicas Análisis de Contenido (Rico, Marín, Lupiáñez y Gómez, 2008) y Análisis Didáctico (Lupiáñez, 2009; Gómez, 2002) mediante la aplicación de los focos, categorías y unidades de análisis definidos en Maz (2000). Los focos de análisis incluyen la caracterización del autor, de la estructura y del contenido del texto. Esta organización responde a la aplicación de la técnica de análisis de contenido propuesta, considerando los textos como unidades didácticas finalizadas, no en elaboración, propuestas curriculares para la

enseñanza de la matemática (Picado y Rico, 2011a). El análisis didáctico, centrado en el estudio de las tareas —definido como análisis de instrucción— permite un acercamiento a los aspectos sobre la enseñanza del sistema.

La caracterización del autor se realiza mediante dos categorías: información personal e información profesional. La caracterización de la estructura incluye una serie de unidades de análisis sobre la forma y organización del documento. A su vez, la caracterización del contenido, al que se da mayor realce en este estudio, se compone de tres dominios: generalidades, contenido matemático y principios didácticos. El segundo se organiza a partir de las categorías: conceptos, representaciones y contextos para la presentación conceptual, procedimental y técnica —utilidad— del SMD. Los principios didácticos siguen la clasificación de Maz y Rico (2011). Del análisis se obtiene una serie de datos sobre la presencia del SMD en los textos seleccionados. Las tablas 1 y 2 muestran parte de la información sobre la profesión de los autores y la estructura de los textos.

| Autor  | Profesión  |
|--|--|
| <b>Cuba</b>  |  |
| José María García de Haro<br>Pelayo González de los Ríos | N. E<br>Director de centros educativos. Secretario de la Comisión de pesas y medidas decimales de la Isla, é individuo de varias corporaciones |
| <b>Filipinas</b>   |  |
| José de la Cavada<br>Ramón Irureta Goyena                | Contador<br>Capitán de ingenieros. Profesor de la Academia Preparatoria Militar  |
| <b>Puerto Rico</b>                                       |  |
| Luis Alvarado y González<br>Pascacio P. Sancérrit        | N. E<br>Profesor de Instrucción Primaria   |

Nota. N. E = no especifica

**Tabla 1. Profesión de los autores**

La información sobre los aspectos personales y laborales de los autores es escasa. Los textos sólo muestran datos puntuales acerca de su profesión y oficio.

| Población diana                      | Finalidad y objetivo   | Tipo de texto      | Estilo de presentación |
|--------------------------------------|--|--------------------|------------------------|
| <b>Texto de García de Haro</b>       |  |                    |                        |
| General                              | N. E   | Tratado            | Narrativo              |
| <b>Texto de González de los Ríos</b> |  |                    |                        |
| General                              | Enseñanza del SMD y facilitar cálculos de reducción  | Prontuario         | Narrativo              |
| <b>Texto de De la Cavada</b>         |  |                    |                        |
| General                              | Contribuir al desarrollo del SMD mandado por S. M. en estas islas.<br>Formar tablas de reducción.<br>Simplificar las operaciones aritméticas con la presentación de tablas | Tablas y catecismo | Pregunta-respuesta     |

| <b>Texto de Irureta Goyena</b>      |  |                      |                    |
|-------------------------------------|--|----------------------|--------------------|
| Escolares de primaria               | Exponer el SMD y el monetario para que el niño aprenda sin esfuerzo y el adulto recuerde y consulte sin dificultades. Enseñar el SMD | Explicación y tablas | Narrativo          |
| <b>Texto de Alvarado y González</b> |  |                      |                    |
| Escolares de primaria               | Propagar el SMD y facilitar su planteamiento   | Elementos            | Pregunta-respuesta |
| <b>Texto de Sancérrit</b>           |  |                      |                    |
| Escolares de primaria               | Mejorar la instrucción primaria. Generalizar el conocimiento del SMD   | Catecismo            | Pregunta-respuesta |

Nota. N. E = no específica; SMD = Sistema Métrico Decimal

**Tabla 2. Estructura del texto**

En la tabla 2 se han omitido aspectos como el año y el lugar que han sido presentados con anterioridad, así como la edición y referencias de las que no se han obtenido dato alguno. En cuanto a la extensión y distribución de los contenidos se hará referencia en el apartado de resultados. La caracterización del contenido representa el mayor cúmulo de datos para el análisis, se sintetizan en la tabla 3.

| <b>Magnitudes</b>                    | <b>SMD</b>   | <b>Procedimientos</b>   |
|--------------------------------------|--|---|
| <b>Texto de García de Haro</b>       |  |   |
| L, Su, V, P                          | Conjunto de nuevas unidades de pesas, medidas y monedas en un sistema decimal          | Para realizar conversiones a partir de situaciones matemáticas  |
| <b>Texto de González de los Ríos</b> |  |   |
| L, Su, V, P                          | Conjunto de arreglos en las medidas a partir del metro                                 | Para medir superficies, realizar reducciones; leer y escribir medidas decimales; mostrar la utilidad y uso de las tablas de reducción |
| <b>Texto de De la Cavada</b>         |  |   |
| L, Su, So, C, P                      | Se infiere como un conjunto de nuevas unidades de medida basadas en el sistema decimal | Para denotar diferencias entre múltiplos y divisores de las distintas magnitudes  |
| <b>Texto de Irureta Goyena</b>       |  |   |
| L, Su, V, C, P, D, T                 | El de pesas y medidas que tiene por base el metro                                      | N. E  |
| <b>Texto de Alvarado y González</b>  |  |   |
| L, Su, So, C, P, T, Pr               | Conjunto de medidas que tiene por fundamento el metro                                  | Para la escritura de números métricos   |
| <b>Texto de Sancérrit</b>            |  |   |
| L, Su, V, C, P                       | Sistema o cjo. de medidas que sirve de origen y base el metro                          | Para realizar reducciones; para el uso de tablas  |

Nota. L = longitud; Su = superficie; So = solidez; V = volumen; C = capacidad; P = peso; T = tiempo; Pr = precio; D = dinero; N. E = no específica

**Tabla 3. Caracterización del contenido: del conocimiento**



### 3. Resultados

Los datos obtenidos permiten realizar algunas afirmaciones acerca del tratamiento dado al SMD en textos de matemáticas en las posesiones españolas de Ultramar en la segunda mitad del siglo XIX. Estas se organizan por entidades político-administrativas y según las características propias de las categorías de análisis. Las etapas históricas definidas no se consideran en la organización de los resultados siguientes debido al escaso número de textos analizados. Este estudio permite establecer una relación con las obras analizadas en Picado (2009) a partir de los resultados y las conclusiones expuestas en este estudio.

#### 3.1. Los textos de matemáticas sobre el SMD en Cuba

Los autores cubanos ejemplifican la figura del profesor, el maestro o el administrador educativo como autor de textos para la difusión del nuevo sistema en todo el territorio de la corona española. Los textos se editan como instrumentos para la propagación general del SMD; si bien pueden utilizarse en la enseñanza escolar y en el aprendizaje autodidacta, también pueden ser usados en diferentes actividades cotidianas. Esta cualidad hace reconocer una diversidad en cuanto a los tipos y estilos de los textos, que varían tanto en extensión como en la manera de presentar las ideas.

La presentación de aspectos legales e históricos sobre el SMD es variable en los textos. En González de los Ríos (1862) se incluyen una serie de ideas sobre el origen y desarrollo del SMD, junto con menciones sobre la colaboración española a ese proceso de definición y recalando el legalismo que respalda y oficializa su introducción.

##### 3.1.1. Del contenido matemático: los conceptos y procedimientos

La ausencia de conceptos como el de número, magnitud, cantidad y unidad es común en ambos textos; no obstante, se reconoce una coincidencia en la presentación de los tipos de magnitudes sobre las cuales se erige el nuevo sistema de pesas y medidas: longitud, superficie, volumen y peso, concebido como un conjunto de arreglos en las medidas y las pesas a partir del metro y regido por la "Ley Decimal".

Al igual que en Picado (2009), se reconocen fundamentalmente tres tipos de definiciones de metro: una de carácter científico y técnico, como la diez millonésima parte del cuadrante de meridiano terrestre y unidad fundamental del sistema; etimológica, que lo asocia con el vocablo griego  $\mu\epsilon\tau\rho\nu$ ; y otra instrumental, como el objeto material para efectuar mediciones de longitud.

Existe una uniformidad en la presentación de las unidades de medida para las diversas especies. Así, se presentan el metro para longitudes, el metro cuadrado y el área para superficies, el metro cúbico, el estéreo y el litro para las de solidez y capacidad y el gramo para las ponderales. La unidad monetaria presenta una singularidad pues en ambos textos se inicia con la mención del franco como la unidad principal francesa, reconociendo a Francia como origen del SMD; seguido el real como la unidad española que regirá también en Cuba. La organización de los múltiplos y submúltiplos parte de la especificación del empleo de vocablos griegos y latinos para su formación literaria y del uso del sistema decimal para su valoración.

Se aprecia una dicotomía en los aspectos procedimentales. En el caso de González (1862) se reconocen una serie de indicaciones para la medición de superficies, la lectura y escritura de medidas decimales y la forma de realizar reducciones. “Para medir una superficie cualquiera se busca cuantas veces contiene la superficie de un cuadrado, tomado por unidad de medida” (p. 9). “Si el cuadrado tiene un metro de lado su superficie será igual á un metro de base multiplicado por un metro de altura: es decir  $1 \times 1 = 1$  metro cuadrado” (p. 10).

Es destacable la insistencia con que se muestra en este texto la relación entre el SMD y el Sistema Decimal.

41.—Siendo pues, la numeración decimal la usada en estas medidas, el valor de la expresión depende del lugar que ocupa la coma; (\*) porque en efecto, esta separa las unidades exactas de las partes de la unidad; es decir que los números escritos antes de la coma son enteros, y los que quedan á la derecha ó después de ella son fracciones relativas á la unidad de la denominación que expresa la cantidad... (González, 1862, p. 16)

Por su parte García de Haro (1852) opta por la presentación de ideas teóricas y la explicación de cómo efectuar reducciones.

### 3.1.2. Sistemas de representación

La presentación de conceptos se realiza mediante los modos textual, tabular y numérico. “CENTIAREA.—Es un cuadrado que tiene un metro por cada lado, y por lo tanto es 1 metro cuadrado; es decir la centésima parte del área” (González, 1862, p. 11). La Figura 1 muestra una representación numérica.

$$\begin{array}{r} 848 \text{ millm.} \\ \times 5000 \text{ varas.} \\ \hline 4240'000 \text{ m.} \end{array}$$

Figura 1. Representación numérica.

Fuente: González (1862).

Las representaciones gráficas también se emplean como medios para la presentación concreta de conceptos y algunos instrumentos de medida como el metro, el litro y la moneda (Figura 2).

— 4 —

El metro cuadrado es un cuadrado ó figura como se ve al lado, que tiene de largo un metro y de ancho otro. Cada decámetro cuadrado vale 100 metros cuadrados &c. Cada hectómetro cuadrado 100 decámetros cuadrados. Cada decímetro cuadrado es  $\frac{1}{100}$  del metro cuadrado &c., de suerte que en este caso en vez de aumentar y disminuir las diversas unidades de 10 en 10 lo verifican de 100 en 100. El ara que es la unidad para la medición de terrenos, vale un decámetro cuadrado; de sus múltiplos solo está en uso la hectara, y de los submúltiplos la centiara.

El metro cúbico, que es un cubo como al lado se vé, que tiene un metro de largo, otro de ancho y otro de grueso, equivale á 1000 decímetros cúbicos y el decímetro cúbico á 1000 centímetros cúbicos &c. El decámetro cúbico á 1000 metros cúbicos. El hectámetro cúbico á 1000 decámetros cúbicos &c., de suerte que los submúltiplos y los múltiplos crecen y decrecen de 1000 en 1000. El estéreo que se usa en la medición de maderas equi-

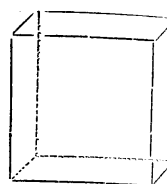


Figura 2. Representación del metro cuadrado y cúbico.

Fuente: García de Haro (1852).

### 3.1.3. Contextos y situaciones

Son reconocibles diversas situaciones numéricas para la introducción del SMD que identifican el contexto matemático como el predominante en la presentación de conceptos. A diferencia de los resultados establecidos en el estudio previo, los textos cubanos analizados no dan énfasis a las situaciones de tipo mercantil o comercial, salvo el natural en el que se ubica la definición del gramo a partir de situaciones físico-naturales.

- “¿Cuántos kilómetros son 3846’8 metros?” (González, 1862, p. 18).
- “Problema 1. ¿Cuántos metros son 5000 varas cubanas?” (González, 1862, p. 19).
- “Se quieren reducir 11686 varas, 1 pié, 2 pulgadas y 2 líneas de Burgos, á kilómetros, hectómetros, &c.” (García de Haro, 1865, p. 31).

Esto llama sumamente la atención pues se le otorga a las nuevas unidades de medida un carácter más matemático que comercial que conduce a considerar el SMD como una estructura matemática concordante con las definiciones mostradas.

*El conjunto de este arreglo de medidas se dijo Sistema métrico decimal: sistema, por ser un conjunto ordenado y completo; métrico, por ser de medidas; y decimal, porque todas las que contiene se dividen y componen de diez en diez. (González, 1862, pp. 6-7)*

### 3.1.4. Principios didácticos

En cuanto al dominio didáctico, las recomendaciones para su enseñanza y aprendizaje están ausentes en estos textos.

## 3.2. Los textos de matemáticas sobre el SMD en Filipinas

Los textos seleccionados editados en Manila presentan la peculiaridad de no proceder de la sociedad civil debido a que sus autores realizan oficios distintos a la enseñanza tradicional de las matemáticas y tienen formación militar que ejercen profesionalmente. No obstante, los textos se destinan a la enseñanza primaria y la formación general de los individuos para un aprendizaje temprano del SMD y un apoyo a las distintas actividades de medición entre los ciudadanos.

Los textos siguen una estructura tabular y textual incluyendo tablas de reducción y equivalencias con ciertas explicaciones teóricas sobre el sistema o bien en una exposición de los aspectos teóricos para la comprensión de las nuevas unidades de pesas y medidas que excluyen de tipo histórico y una especificación de los conocimientos requeridos para tal entendimiento.

### 3.2.1. Del contenido matemático: los conceptos y procedimientos

Los conceptos de número, magnitud, cantidad, medida y unidad son omitidos casi por completo en la presentación del SMD en los textos analizados. En Irureta (1893) se incluye una breve referencia a la magnitud caracterizada como aquello que puede resultar medible y enlazada a la concepción de medida, a su vez es asociada con la concepción de unidad. Los demás conceptos no aparecen.

Ambos textos presentan el SMD a partir de su relación con el sistema decimal. Si bien se asocia este sistema con aspectos legales de la época y con un nuevo conjunto de pesas y medidas en uno de los textos (Irureta, 1893) sobresale el sistema decimal que, en ambas obras, se identifica para su presentación.



En cuanto al metro, las unidades básicas, los múltiplos y submúltiplos estos se presentan con ciertas similitudes. El metro desde una perspectiva científica; las unidades básicas corresponden a las magnitudes longitud, superficie, solidez, capacidad y peso, a las que se incluyen el tiempo y el dinero (Irureta, 1893); y los múltiplos y submúltiplos se derivan del sistema decimal y sus nombres de la utilización de prefijos griegos y latinos. Los procedimientos son sumamente escasos en los textos. A pesar de que se incluyen algunas tablas de equivalencias, éstas no se complementan con indicaciones para su aplicación y empleo.

### 3.2.2. Sistemas de representación

Los autores hacen uso de la representación textual, simbólica, numérica y tabular para la exposición de conceptos. Esta última se intensifica en el texto de De la Cavada (1865) en la que se aprecia una cantidad considerable de tablas de reducción y correspondencias.

A diferencia de los textos editados en Cuba, el modo gráfico no se emplea, esto a pesar de las especificaciones sobre instrumentos de medida que bien podrían reforzarse con algunas ilustraciones. “l.º de hierro colado, de forma piramidal truncada, habiéndolos desde 20 a 50 kilogramos...” (Irureta, 1893, p. 21); “El litro es una medida de cabida igual á un decímetro cúbico” (De la Cavada, 1865, p. 20).

### 3.2.3. Contextos y situaciones

En cuanto a los tipos de contextos utilizados en la presentación de situaciones que enmarcan las nuevas unidades de pesas y medidas se identifican ciertas divergencias.

Definiciones como la del gramo y el kilogramo incluyen fenómenos físico-naturales para su presentación; sin embargo esta es la única semejanza en este sentido, puesto que situaciones cotidianas de tipo comercial como la medición de líquidos como el agua, la leche, el aceite y el vino, y de áridos como la harina y el arroz, así como de tipo matemático —como la presentación de las unidades de tiempo— son empleadas únicamente en uno de los textos (Irureta, 1893).

### 3.2.4. Principios didácticos

Es en este mismo texto en el que se aprecian algunas indicaciones para la enseñanza del SMD como la utilización de dos tamaños de letra para diferenciar los contenidos para la enseñanza primaria y su complemento para la secundaria y estrategias didácticas como el empleo de materiales concretos para la verificación de equivalencias entre unidades.

En síntesis, en Filipinas las divergencias y ausencias en la presentación de conceptos relacionados al SMD, su representación y las situaciones utilizadas para su presentación y aplicación en la vida cotidiana permiten aseverar que la presentación del SMD se hace como un conjunto de unidades de pesas y medidas implantadas y respaldadas por dictámenes legales que han de ser del conocimiento de los pobladores del archipiélago y no como una estructura matemática.

## 3.3. Los textos de matemáticas sobre el SMD en Puerto Rico

En el caso de los textos de Puerto Rico se mantiene el patrón en cuanto a la autoría de las obras, los autores se vinculan con los procesos educativos como la instrucción primaria en el caso de Pascacio Sancérrit. Los textos son editados para

uso de los establecimientos educativos, específicamente los de enseñanza primaria. Su estructura sigue las características del catecismo, enfatizando la presentación de los contenidos mediante una serie de cuestiones con su respectiva respuesta que fomentan su aprendizaje memorístico.

Es fácil de identificar cómo las operaciones aritméticas y el sistema decimal de numeración se requieren como conocimientos previos al estudio de los escritos.

El análisis permite reconocer una relación entre el texto de Sancérrit (1860) y las obras de autores como Cortázar, Cirotte y Melitón García editadas para su uso en la España peninsular. Este vínculo es reconocido también con la presentación histórica que de la metrología española se realiza al inicio de la obra, así como de los aspectos legales y las ventajas que acarrea su adopción; características que lo convierte en un texto completo en este tipo de aspectos.

### 3.3.1. Del contenido matemático: los conceptos y procedimientos

Los conceptos de número, magnitud, cantidad y unidad están ausentes en los textos. Los autores enfatizan en la concepción de medida y de las distintas magnitudes medibles, aunque la presentación de estas últimas se realiza de manera implícita y no detallada. En el primero de los casos, la medida es concebida de manera instrumental, como “una cantidad que se elige para servir de término de comparación de las cantidades de su especie” (Alvarado, 1883, p. 5); por su parte las magnitudes reconocibles corresponden a longitud, superficie, volumen, capacidad y peso, a las que en uno de los casos se agregan el tiempo y el precio (Alvarado, 1883).

El SMD corresponde a un conjunto de unidades de pesas y medidas derivadas del metro, presentado científica y técnicamente como la diezmilésima parte del cuadrante de meridiano terrestre: unidad fundamental del sistema del que se desprenden las unidades básicas para las medidas de longitud, superficie, capacidad, volumen y peso, cuyos múltiplos y submúltiplos siguen el sistema decimal y la formación de vocablos a partir de prefijos griegos y latinos. Los textos divergen en la definición de la unidad monetaria que varía entre el real y la peseta justificada por las correspondientes legislaciones sobre el sistema monetario en España.

Aunque los procedimientos forman parte de la presentación de conceptos, estos varían según los textos enfocando los procesos para la escritura de números métricos o la reducción de medidas antiguas a las métrico-decimales y el uso de tablas de equivalencias.

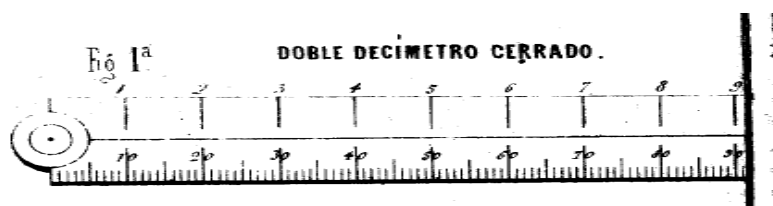
*Búsquese por partes la equivalencia del número de varas, piés & en la tabla correspondiente, colóquense unas debajo de otras de modo que la coma ó signo decimal forme columna, súmense estas cantidades colocando el signo decimal en la suma debajo de los de los sumandos y dicha suma expresará la equivalencia pedida. v. g. (Sancérrit, 1860, p. 33)*

*¿Cómo se escriben? Representando los hectómetros unidades diez veces menores que los kilómetros, es preciso que la cifra que los represente esté un lugar á la derecha de la que represente los kilómetros, escribiéndose por tanto:  $5^{km}$ ,  $8^n$  (Alvarado, 1883, p. 14).*

### 3.3.2. Sistemas de representación

Los modos de representación de conceptos mayormente utilizados en estos documentos son el textual, el numérico y el tabular; el modo gráfico aparece en menor grado para la representación de unidades de medida como el decímetro y el

metro cuadrado con algunos de sus divisores como el decímetro y el centímetro cuadrado (Figura 3).



**Figura 3. Doble decímetro.**

**Fuente: Sancérrit (1860).**

Ambos textos incluyen una descripción del litro como instrumento de medida y, en Sancérrit (1860), de algunas pesas y las formas geométricas de éstas. “El litro es una medida cuyo contenido es igual á un decímetro cúbico figura 3ª. Se le da la forma de jarro redondo por ser más cómodo para los usos comunes.” (p. 13).

*En la práctica se usan dos clases de pesas según que sean para grandes ó pequeños pesos. Las primeras son de hierro con un anillo en la parte superior para manejarlas, tienen la figura de un cono o pirámide truncada y se afinan poniéndoles plomo en la parte inferior. (Sancérrit, 1860, p. 17)*

Con los sistemas de representación se procura una relación con los usos comunes que se dan a las unidades de pesas y medidas. Una manera de hacer “visibles” los nuevos conceptos que han de ser aprehendidos y aplicados por los puertorriqueños.

### 3.3.3. Contextos y situaciones

Los fenómenos que caracterizan a contextos como el natural, el matemático y el comercial, utilizados en los textos, se reconocen en situaciones físico-naturales como la definición del gramo: “El peso en el vacío de un centímetro cúbico de agua destilada á la temperatura de 4 grados del termómetro centígrado” (Alvarado, 1883, p. 13); geométricas y aritméticas como las representaciones con figuras planas o cuerpos espaciales y la aplicación de operaciones: “es un cubo de un metro de lado, es decir. Que cada una de sus caras es un metro cuadrado” (Sancérrit, 1860, p. 11); y comerciales como la medida de productos de consumo común: “Para medir los líquidos como el vino, agua, etc., y también para los áridos como la sal, maíz y toda especie de granos cuando no se aprecian por el peso” (Sancérrit, 1860, p. 13).

### 3.3.4. Principios didácticos

No se aprecian en los textos.

## 4. Conclusiones

Los textos de matemáticas utilizados en Cuba, Filipinas y Puerto Rico para la difusión del SMD presentan similitudes con los textos editados en la España peninsular en la segunda mitad del siglo XIX, así como ciertas particularidades que los diferencian (tabla 4).

Indiscutiblemente la autoría de los textos corresponde en su mayoría a personas vinculados al sistema escolar, que conocen los procesos de enseñanza de las matemáticas y la enseñanza en general. Así, en España —tanto en la Península como las posesiones de Ultramar: Cuba, Filipinas y Puerto Rico— la presencia de profesores en la edición de textos de matemáticas marca una particularidad en el proceso de difusión del SMD entre los pobladores: se refleja la responsabilidad del

maestro o profesor en los procesos de enseñanza y aprendizaje de conceptos y estructuras matemáticas y su papel como agente para el cambio dentro del Sistema Educativo español<sup>1</sup>. Los manuales se dirigen, prioritariamente a los escolares de primaria. Su finalidad es alfabetizar a los ciudadanos mediante una modernización de sus conocimientos y un inicio temprano en su aprendizaje.

En cuanto a los textos, propiamente su estructura y contenido, se identifican como estilos predominantes para la presentación del SMD textos pequeños, de pregunta-respuesta o de narración teórica breve, que fomentan un aprendizaje memorístico, en los que las tablas toman un papel significativo para la presentación de equivalencias entre sistemas metrológicos.

La inclusión del SMD en textos de matemáticas se realiza de dos formas distintas: como un apartado anexo a determinados textos de aritmética para la enseñanza primaria o como el único contenido abordado en el escrito. En varios de los textos peninsulares analizados se identifica como el SMD se incluye como un apartado anexo a los textos de aritmética; por su parte, los documentos pertenecientes a la España de Ultramar se dedican exclusivamente a la presentación del SMD y las equivalencias con las pesas y medidas de los antiguos sistemas. La finalidad de estos textos se centra entonces en la difusión de las nuevas unidades de pesas y medidas mediante su inclusión en el sistema educativo de cada una de las islas y el uso generalizado de los textos y no en la inclusión de este sistema como parte de los contenidos propios de la enseñanza matemática en los primeros niveles educativos.

| Peninsulares  | Cuba  | Filipinas  | Puerto Rico  |
|---|---|--|--|
| <b>Autor</b>  |   |  |  |
| Profesores; algunos comerciantes  | Profesores  | Militares y Oficios variados   | Profesores   |
| <b>Estructura del texto</b>   |   |  |  |
| Pocas páginas; SMD parte de Aritmética. Mayor extensión a final de siglo                                | Pequeños y extensos   | Tablas y Explicación. Extensión diversa  | Textos pequeños  |
| <b>Finalidad y objetivo</b>   |   |  |  |
| Difusión del SMD para usos comunes  | Difusión del SMD  | Difusión del SMD   | Uso en establecimientos educativos   |
| <b>Conceptos</b>  |   |  |  |
| Escasos<br><b>Magnitudes:</b> L, Su, V, C, So, P<br><br><b>SMD:</b> sistema legal para los usos comunes | Escasos<br><b>Magnitudes:</b> L, Su, V, P<br><br><b>SMD:</b> conjunto de arreglos a partir del metro, ley decimal | Omisión<br><b>Magnitudes:</b> L, Su, So, C, P, T, D<br><br><b>SMD:</b> vinculado al sistema decimal, legal | Omisión<br><b>Magnitudes:</b> L, Su, V, C, P, T, Pr<br><br><b>SMD:</b> conjunto de pesas y medidas derivadas del metro |

<sup>1</sup> La organización del Sistema Educativo español en la segunda mitad del siglo XIX presenta un antes y después de la Ley Moyano de 1857. Con esta ley la enseñanza comprende la primera enseñanza, dividida en elemental y superior; la segunda enseñanza organizada en estudios generales (dos períodos: dos y cuatro años) y estudios de aplicación a las profesiones industriales; y la enseñanza superior y profesional.

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>Metro:</b> definición instrumental, etimológica y técnico-científica   | <b>Metro:</b> técnico-científico; etimológica, instrumental  | <b>Metro:</b> perspectiva científica   | <b>Metro:</b> Técnico-científico   |
| <b>Unidades de medida:</b> comercio (metro, litro, kilogramo)   | <b>U. de medida:</b> m, m <sup>2</sup> , a, m <sup>3</sup> , e, l, g. Presentación uniforme                      | <b>U. de medida:</b> m, m <sup>2</sup> , a, m <sup>3</sup> , l, kg, d, peso fuerte (de Filipinas)        | <b>U. de medida:</b> m, m <sup>2</sup> , a, m <sup>3</sup> , l, g                      |
| <b>Múltiplos y submúltiplos:</b> omitidos o ampliamente presentados (prefijos griegos y latinos)  | <b>Múltiplos y submúltiplos:</b> prefijos griegos y latinos, sistema decimal. Recalca la relación entre sistemas | <b>Múltiplos y submúltiplos:</b> derivados del sistema decimal y formados por prefijos griegos y latinos | <b>Múltiplos y submúltiplos:</b> siguen el sistema decimal, prefijos griegos y latinos |
| <b>Sistema monetario:</b> dicotomía en la definición de la unidad básica hasta 1868   | <b>Sistema monetario:</b> el real español. Mención del franco francés  | <b>Sistema monetario:</b> el peso fuerte de Filipinas; el real español en la Península                   | <b>Sistema monetario:</b> real y peseta  |
| <b>Procedimientos</b>   |  |  |  |
| Desarrollo de destrezas: lectura y escritura de números métricos, uso de tablas de equivalencias, aplicación de operaciones con decimales | Desarrollo de destrezas.   | Para la aplicación de operaciones sencillas. No muestran incentivar el desarrollo de varias destrezas    | Desarrollo de destrezas: lectura y escritura, reducción de medidas y uso de tablas     |
| <b>Representaciones</b>   |  |  |  |
| Textual, tabular, numérico. Simbólico y gráfico en menor grado  | Textual, tabular y numérico. Pocas representaciones gráficas. Algunos instrumentos de medida                     | Tabular y textual. Simbólica y numérica. Algunos instrumentos de medida                                  | Textual: numérico y tabular. Gráfico en menor grado. Algunos instrumentos de medida    |
| <b>Contextos y situaciones</b>  |  |  |  |
| Contextos: matemáticos, naturales, mercantiles  | Matemático y natural   | Naturales y comerciales  | Natural, matemático y comercial  |
| <b>Principios didácticos</b>  |  |  |  |
| Son escasos; se aprecian en algunos textos  | No se aprecian   | Se incluyen con claridad   | No se aprecian   |

*Nota.* SMD = Sistema Métrico Decimal; L = longitud; Su = superficie; V = volumen; C = capacidad; So = solidez; P = peso; D = dinero; T = tiempo; Pr = precio, m = metro, m<sup>2</sup> = metro cuadrado; m<sup>3</sup> = metro cúbico; a = área; e = estéreo; l = litro; g = gramo; kg = kilogramo; d = día.

**Tabla 4. Datos obtenidos de las unidades de análisis**

Si bien en todos los textos pueden reconocerse aspectos comunes en la presentación del SMD, como estructura matemática éste se reconoce sólo en los textos editados en Cuba. Estos enfatizan en la presentación de conceptos propios



del sistema y en mostrar situaciones meramente matemáticas para ilustrar su utilidad y aplicaciones. Los textos restantes, incluidos los peninsulares, procuran mostrar la cualidad instrumental del SMD; es decir, presentarlo en asociación con la realidad cotidiana ejemplificándola con situaciones comunes como el comercio de productos de consumo tradicional.

Los aspectos procedimentales sufren una ruptura en el caso de los textos de Filipinas. El desarrollo de destrezas como la lectura y escritura de medidas métrico-decimales, la reducción de medidas y el uso de tablas no corresponden a procedimientos identificables en los textos de esta isla, en los que se enfatiza la multiplicidad decimal entre múltiplos y submúltiplos; situación que contrariamente ocurre en los otros documentos, pero que está acorde con la forma estructural en que matemáticamente se presenta el sistema en estos textos.

Los modos de presentación de los conceptos mantienen una línea general en todo el territorio de la corona española. Las representaciones textuales, numéricas y tabulares marcan la semejanza entre los textos, mientras que las gráficas no son utilizadas en los textos cubanos.

Finalmente, la exposición de principios o actividades didácticas para una adecuada inclusión del SMD en los procesos de enseñanza y aprendizaje no parece ser objetivo de los autores, a excepción de los textos editados en Filipinas en los que es posible reconocer diversos propósitos didácticos tomados en consideración en la elaboración de las obras.

Tal como sucede con el estudio previo (Picado, 2009) el análisis permite una descripción de la forma en que se presenta el SMD en textos de matemáticas en un contexto y época específicos. De igual forma, propicia futuras investigaciones sobre los cambios y las directrices que la adopción del SMD produjo en los diferentes sistemas educativos de cada una de las posesiones españolas en el siglo XIX y un estudio de las reformas curriculares que estos cambios pudieron haber originado.

## 5. Agradecimientos

El estudio ha contado con el apoyo y financiación de la Junta de Becas de la Universidad Nacional y el Fondo de Incentivos del Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la República de Costa Rica.

Se ha realizado dentro del Grupo de Investigación Didáctica de la Matemática. Pensamiento Numérico (FQM-193), del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación, con sede en el Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada.

## Bibliografía

- Aróstegui, J. (1995). *La investigación histórica: teoría y método*. Crítica. Barcelona, España.
- Cardoso, C. (1989). *Introducción al trabajo de la investigación histórica: conocimiento, método e historia*. Crítica. Barcelona, España.
- Gómez, P. (2002). *Análisis didáctico y diseño curricular en matemáticas*. EMA, 7(3), 251-292.
- González, M. T. y Sierra, M. (2003, julio). El método de investigación histórico en la didáctica del análisis matemático. En Castro, E. (Coord.), *Investigación en*

- Educación Matemática. Séptimo Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (pp. 109-130). Universidad de Granada. España.
- Lupiáñez, 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. (2000). *Tratamiento de los números negativos en textos de matemáticas publicados en España en los siglos XVIII y XIX*. Tesis de máster. Universidad de Granada. España.
- Maz, A. y Rico, L. (2011). *Principios didácticos en textos españoles de matemáticas en los siglos XVIII y XIX*. Universidad de Granada. España. Documento no publicado.
- Picado, M. (2009). *Tratamiento del Sistema Métrico Decimal en textos de matemáticas en España en el período 1849-1892*. Tesis de máster. Universidad de Granada, España.
- Picado, M. y Rico, L. (2011a). *Análisis de contenido en textos históricos de matemáticas*. *PNA* 6(1), 11-27.
- Picado, M. y Rico, L. (2011b). *La selección de textos en la investigación histórica*. *EPSILON*, 28(1), 99-112.
- 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, J. (1997). El método histórico en la investigación histórico-educativa. En N. De Gabriel y A. Viñao (Eds.), *La investigación histórico-educativa*. Ronsel. Barcelona, España.
- Salkind, N. J. (1999). *Métodos de investigación*. Prentice-Hall. México, D.F., México.
- Este trabajo fue originalmente presentado como Picado, M. y Rico, L. (2011, Junio). El sistema métrico decimal en textos de matemáticas en Cuba, Puerto Rico y Filipinas en la segunda mitad del siglo XIX. En A. Gitirana, F. Bellemain, W. Branco, G. Lisboa, G. Guimarães, F. Gomes, et al. (Eds.), *Actas de la XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Recife, Brasil: Laboratório de Educação Matemática e Tecnológica.

**Miguel Picado:** Doctor y máster en Didáctica de la Matemática por la Universidad de Granada, España. Licenciado en Enseñanza de las Matemáticas por la Universidad Nacional de Costa Rica. Profesor e investigador en la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional de Costa Rica. Sus estudios se centran en la Historia de la Educación Matemática, con énfasis en el Sistema Métrico Decimal, y la formación de profesores. Editor de la revista PNA. [miguepicado@hotmail.com](mailto: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](mailto:lrico@ugr.es)

