Recepción: 27 de noviembre de 2015

Aceptación: 15 de junio de 2016

Publicación: 29 de junio de 2016

LA HOJA DE CÁLCULO PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS POR EL MÉTODO DE POLYA

SPREADSHEET AS AN EDUCATIONAL RESOURCE FOR MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING USING POLYA'S METHOD

Alfonso J. González Regaña ¹

1. Doctor en Matemáticas. Profesor del Dpto. de Didáctica de las Matemáticas.

Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla. E-mail: agonzalez@us.es

RESUMEN

La resolución de problemas matemáticos es un aspecto fundamental en el aprendizaje de los estudiantes de matemáticas a todos los niveles. Aunque tradicionalmente esta resolución se ha utilizado para establecer planes de estudio o escribir libros de texto, no se ha hecho explícita la forma de llevarla a cabo. En este artículo utilizamos el modelo de cuatro fases para la resolución de problemas matemáticos propuesto por George Polya en un contexto de estudiantes de Primer curso del Grado de Educación Primaria, e incorporamos la tecnología TIC (a través del uso de la hoja de cálculo) para crear conexiones y mejoras entre diferentes estrategias de resolución.

ABSTRACT

Mathematical problem solving is an essential aspect of the learning process for students at all levels. Although this resolution is traditionally used in terms of setting up curriculum or writing textbooks, it has not been established explicitly the way to perform it or to reach it to its completion. In this paper, we use the model created by George Polya, who has structured this problem solving process in four steps. We present this model to first year' students of the undergraduate degree of Elementary Education, and we integrate the technology (through the spreadsheet usage) to create potential connections and improvements between different resolution' strategies.

PALABRAS CLAVE

Resolución de problemas matemáticos; Formación de profesores de Primaria; Método de Polya; TIC.

KEYWORDS

Mathematical problem solving; Elementary teachers training; Polya's method; TIC Technologies.

INTRODUCCIÓN

Los estudiantes de todos los niveles deben incorporar la resolución de problemas como uno de los ejes principales de su formación matemática (NCTM, 2000; [1]).

La Orden ECD/65/2015, de 21 de Enero de 2015, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato, publicada en BOE de 29 de Enero de 2015 [2], en su artículo 7, afirma que:

Por ello, para poder evaluar las competencias es necesario elegir, siempre que sea posible, estrategias e instrumentos para evaluar al alumnado de acuerdo con sus desempeños en la resolución de problemas que simulen contextos reales, movilizandolos sus conocimientos, destrezas, valores y actitudes.

Además, en el punto 2. *Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología* de su Anexo I, se añade que:

Se trata, por tanto, de reconocer el papel que desempeñan las matemáticas en el mundo y utilizar los conceptos, procedimientos y herramientas para aplicarlos en la resolución de los problemas que puedan surgir en una situación determinada a lo largo de la vida. La activación de la competencia matemática supone que el aprendiz es capaz de establecer una relación profunda entre el conocimiento conceptual y el conocimiento procedimental, implicados en la resolución de una tarea matemática determinada.

Por último, también en el Anexo I, en el punto 3. *Competencia digital*, se concluye que:

La resolución de problemas: esta dimensión supone conocer la composición de los dispositivos digitales, sus potenciales y limitaciones en relación a la consecución de metas personales, así como saber dónde buscar ayuda para la resolución de problemas teóricos y técnicos, lo que implica una combinación heterogénea y bien equilibrada de las tecnologías digitales y no digitales más importantes en esta área de conocimiento.

No obstante, en ningún momento se establece de manera concreta y explícita cómo incorporar al currículo la resolución de problemas matemáticos.

Históricamente, han sido varios los autores que han propuesto diferentes modelos centrados en la descripción del desarrollo del proceso de resolución de problemas en el ámbito de las matemáticas (Polya, 1945 [3]; Schoenfeld, 1985 [4]; Mason et al., 1988 [5]; Guzmán, 2006 [6]).

En la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla, los alumnos de la asignatura “Matemáticas Específicas para Maestros” del 1º curso del Grado en Educación Primaria, desde el Curso 2014/2015, completan su formación mediante la introducción del método de resolución de problemas de George Polya.

Dicho método se basa en la identificación de cuatro fases principales en el proceso de resolución de un problema:

- Fase 1.- Comprender el problema;
- Fase 2.- Elaborar un plan;
- Fase 3.- Ejecutar el plan; y
- Fase 4.- Mirar hacia atrás.

En la primera de estas fases, generalmente mediante preguntas realizadas a tal efecto, el docente facilita la comprensión del enunciado del problema distinguiendo entre los datos presentados en el mismo, las incógnitas y las relaciones que, tanto implícita como explícitamente, puedan aparecer entre ambos elementos. No obstante, es bastante habitual obviar esta fase en las clases de resolución de problemas lo que provoca que muchos estudiantes se bloqueen a la hora de enfrentarse con el enunciado de un problema.

En la segunda fase, el alumno debe trazar un plan explicitando qué estrategia o estrategias va a utilizar para la resolución del problema. Aquí, es de vital importancia dotar a los alumnos del mayor número de estrategias posibles. Las más comúnmente utilizadas incluyen la algebraica (uso de ecuaciones, funciones, etc.), la representación mediante dibujos, diagramas o gráficos, la simplificación en problemas más simples, el ensayo-error o el análisis de posibilidades.

Una vez escogida la estrategia, en la tercera fase, el alumno debe ejecutar el plan que describió en la fase anterior. Si la ejecución es correcta, debería obtener la respuesta al problema planteado.

Finalmente, en la cuarta fase el alumno debe comprobar que la solución propuesta verifica todas las exigencias establecidas en el enunciado del problema. Además, siempre que sea posible, debería tratar de buscar y plantear una forma alternativa de resolución.

En este artículo, hacemos uso de la hoja de cálculo para generar conexiones entre algunas de las estrategias antes mencionadas y mejorar la comprensión de los procedimientos matemáticos involucrados en ellas. Este recurso ha sido utilizado por algunos alumnos desde sus dispositivos móviles (a través de aplicaciones que suelen ser gratuitas).

En esta línea, estudios de autores como Madrid Vivar et al.[7], en Primaria, o Lozano Ortiz et al.[8], en Secundaria, tratan sobre el estado del *Mobile Learning o Aprendizaje Móvil* en España y concluyen que, aunque los estudiantes se desenvuelven bien con estas tecnologías, con frecuencia el uso de estos dispositivos en las aulas es muy limitado, no entendiéndose aún como un método de aprendizaje.

Sin embargo, en [9], Camacho Martí muestra que el *Aprendizaje Móvil* ofrece oportunidades para fomentar estrategias de colaboración y profundizar a la vez en mecanismos de aprendizaje y construcción de conocimiento compartido. Brazuelo Grund y Gallego Gil [10], exponen una investigación (a partir de un estudio de revisión descriptivo de la producción científica nacional en el período 2009-2013), en la que los resultados muestran un creciente interés por el establecimiento de bases teóricas y experimentales para la integración de las tecnologías móviles en educación, aspecto que consideramos del todo necesario.

DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO

El método de Polya para la resolución de problemas matemáticos se introdujo en las clases prácticas de la asignatura de “Matemáticas Específicas para Maestros” del primer año del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Sevilla en el curso 2014/15. Se trabajó con unos 40 estudiantes, en períodos de una hora semanal, durante 28 sesiones. Los estudiantes se distribuían en grupos de 4 ó 5 personas.

Al inicio del curso, se proporcionó bibliografía y se mostraron las principales claves del método ideado por George Polya. También se presentaron varias de las estrategias más utilizadas para la resolución de problemas. Las sesiones centrales se estructuraron alrededor de un problema planteado al principio de la clase. Los docentes subrayaron, en todo momento, la importancia de aplicar el método y la necesidad de hacerlo explícito. Al término de la clase, el problema era resuelto mediante la exposición de alguno de los grupos o por el profesor (asegurándose la participación activa de los alumnos a través de preguntas y comentarios). Para seleccionar los problemas planteados en cada sesión, el profesorado siguió el criterio de que con ellos fuese posible desarrollar un múltiple número de estrategias.

METODOLOGÍA

DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Proponemos un modelo de enseñanza-aprendizaje de carácter *constructivista* donde tanto los estudiantes como el profesorado ejercen un papel activo. El objetivo es que el alumno, partiendo de sus conocimientos e interactuando con las nuevas informaciones y experiencias que le son proporcionadas, pueda ser protagonista y constructor de su propio aprendizaje.

Se trata de partir del alumno antes que de la disciplina y que los estudiantes sean conscientes de ese proceso de forma explícita (Bain, 2005; [11]), fomentando en el aula un entorno para el “aprendizaje crítico natural” que capture la atención del estudiante y la mantenga a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO

A través del planteamiento de dos problemas con ciertas analogías pero de diferente grado de dificultad, detectamos los principales errores que cometen los estudiantes cuando resuelven el problema mediante el empleo de “Lápiz y Papel”, concretamente nos centraremos en cómo desarrollan la Fase 3 del método (Ejecutar el Plan).

Posteriormente, con la hoja de cálculo, reflexionamos sobre las distintas estrategias y procedimientos de resolución buscando un doble objetivo: hacer que el alumno tome conciencia de la naturaleza y características matemáticas que encierran las estrategias (algunas de las cuales garantizan la obtención de ciertos parámetros, como la unicidad de solución, que con otras no se pueden establecer); así como que el estudiante se percate de la importancia de introducir la tecnología cuando el estudio se complica.

En la sesión inicial, se plantea a los estudiantes el problema siguiente:

Problema 1

En una granja hay conejos y gallinas. Contando cabezas se obtienen 60 y contando patas 188. ¿Cuántas conejos y gallinas hay en la granja?

Para resolver este problema no se requieren conocimientos matemáticos avanzados y, por esa razón, fue seleccionado para la sesión inicial. Además, en el proceso de resolución pueden ser empleadas estrategias diferentes. A continuación, pasamos a describir aquellas que fueron utilizadas por los grupos de estudiantes.

Resolución usando la estrategia algebraica

Fase 1

En esta fase el alumno debe hacer referencia de manera clara y precisa a los datos e incógnitas que aparecen en el problema y describir las potenciales relaciones existentes entre ellos.

En este caso, el estudiante debe mostrar que se desconocen dos cantidades: el número total de conejos y el de gallinas (por las que se pregunta explícitamente en el enunciado). También, debe percatarse de que el número total de animales debe ser 60 y de que cuatro veces el número de conejos junto con dos veces el número de gallinas tiene que dar como resultado 188. Es decir, hacer explícita una información implícita (el hecho de que un conejo tiene cuatro patas y una gallina dos).

Fase 2

Si opta por la estrategia algebraica, el alumno debe señalar qué variables usará para designar el número total de conejos y de gallinas (por ejemplo, “x” e “y”) y, posteriormente, debe trasladar las relaciones descritas en el enunciado a expresiones algebraicas.

Fase 3

En esta fase, el alumno debe ejecutar meticulosamente la estrategia planteada anteriormente y comprobar cada paso realizado tratando de asegurarse de su corrección.

Consecuentemente, deberá escribir las dos ecuaciones obtenidas:

$$\begin{cases} x + y = 60 \\ 4x + 2y = 188 \end{cases}$$

De dicho sistema se deduce que $y = 60 - x$; $4x + 2(60 - x) = 188$ y, por tanto, que $x = 34$. Sustituyendo en la primera ecuación, se concluye que $y = 26$

Por tanto, la solución sería que en la granja hay 34 conejos y 26 gallinas.

Fase 4

El estudiante debe comprobar que su solución satisface las condiciones del enunciado (no es suficiente con sustituirla en el sistema de ecuaciones).

En efecto, 34 (conejos) + 26 (gallinas) = 60 animales (cabezas)

Por otro lado, como 34 (conejos) x 4 (patas) = 136 patas y 26 (gallinas) x 2 (patas) = 52 patas, su suma, 136 (patas de conejo) + 52 (patas de gallina) = 188 patas totales.

Resolución usando la estrategia de ensayo-error

Fase 1

Análoga a la descrita en la resolución mediante estrategia algebraica.

Fase 2

En la estrategia de ensayo-error, el alumno debe ir probando con distintos números de conejos y gallinas para ver si se satisfacen las condiciones del enunciado.

Fase 3

Para la ejecución, se puede plantear una tabla en la que se recojan los ensayos realizados hasta obtener la solución correcta.

Nº de conejos	Nº de gallinas	Nº de cabezas	Nº de patas
10	50	$10+50=60$	$4 \times 10 + 2 \times 50 = 140$
20	40	$20+40=60$	$4 \times 20 + 2 \times 40 = 160$
30	30	$30+30=60$	$4 \times 30 + 2 \times 30 = 180$
34	26	$34+26=60$	$4 \times 34 + 2 \times 26 = 188$

Tabla 1.: Tabla de ensayo-error.

Fase 4

Análoga a la descrita en la resolución mediante estrategia algebraica.

Evidentemente, también sería posible el uso de otras estrategias (*estrategia gráfica, estrategia de análisis de posibilidades, estrategia de hacer un dibujo o diagrama, etc.*).

Sin embargo, como veremos más adelante en los resultados, los potenciales maestros las obvian, incluso cuando son comentadas por los docentes, ya que muchos de ellos aún consideran que lo importante es obtener el resultado por encima de la vía utilizada para ello.

Para evitarlo, el profesorado debe insistir aquí en la importancia del método poniendo de relieve que, por ejemplo, abordando nuestro problema con una estrategia adecuada (como el empleo de un diagrama adaptado a la situación descrita en el enunciado), podría ser resuelto por alumnos de Primaria que no tengan ningún tipo de conocimiento algebraico. Además, deben encontrarse en la Fase 1 de comprensión del Sistema de Numeración Decimal descrita por Resnick (1983; [12]), donde los estudiantes sólo son capaces de hacer representaciones canónicas de los números, por ejemplo: $188=100+80+2$, y usar la aritmética informal en un contexto cardinal o de posible recuento.

Otra cuestión relevante es que, cuando plantean la estrategia de ensayo-error, los alumnos para maestro no son conscientes de que el resultado obtenido podría ser solo uno de muchos, y cuando son cuestionados acerca de la unicidad de la solución no encuentran un argumento válido que aplicar de manera efectiva.

Para que comprendan este importante matiz y la dificultad que podría conllevar asegurar la unicidad de la solución en algunos casos, planteamos un segundo problema del que sólo haremos explícita aquí la ejecución de la estrategia (Fase 3).

Problema 2

En la granja se venden quesos, botellas de leche y yogures. Los quesos cuestan 4 euros, las botellas de leche 2 euros y los yogures 50 céntimos de euro. Si se han vendido un total de 100 productos y se ha obtenido una venta de 100 euros. ¿Cuántos quesos, botellas de leche y yogures se han vendido?

Obtención de una posible solución usando la estrategia de ensayo-error

Fase 3

Quesos	Botellas de leche	Yogures	Número de productos vendidos	Euros obtenido en la venta
40	30	30	$40+30+30=100$	$40 \times 4 + 30 \times 2 + 30 \times 0,5 = 235$
20	20	60	$20+20+60=100$	$20 \times 4 + 20 \times 2 + 60 \times 0,5 = 130$
10	20	70	$10+20+70=100$	$10 \times 4 + 20 \times 2 + 70 \times 0,5 = 115$
10	10	80	$10+10+80=100$	$10 \times 4 + 10 \times 2 + 80 \times 0,5 = 100$

Tabla 3. Resolución incompleta del Problema 2 mediante Tabla de ensayo-error.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Primeramente, se presentan algunos de los resultados obtenidos en la recogida de datos que se les realizó a los distintos grupos de estudiantes. Comenzamos con la ejecución de la Fase 3 dada por uno de los grupos (Figura 1).

①

conejes y gallinas

cabezas $\rightarrow 60$

patas $\rightarrow 188$

¿cuántos conejes y gallinas?

(x) conejes $\rightarrow 4$ patas, 1 cabeza

(y) gallinas $\rightarrow 2$ patas, 1 cabeza

$$\begin{cases} x + y = 60 \\ 4x + 2y = 188 \end{cases} \rightarrow y = 60 - x$$

$$4x + 2(60 - x) = 188$$

$$4x + 120 - 2x = 188$$

$$2x = 68 \rightarrow x = 34$$

$y = 60 - 34$

$y = 26$

Se Hay 34 conejes y 26 gallinas

Figura 1.: Resolución del problema mediante Estrategia algebraica.

Aunque en el caso anterior la resolución proporcionada fue correcta, el no ser conscientes de la naturaleza matemática de una determinada estrategia, puede suponer el hecho de no obtener la solución adecuada, lo que podemos apreciar en la resolución que uno de los grupos de alumnos llevó a cabo usando la estrategia de ensayo-error (Figura 2).

Figura 2.: Resolución incorrecta del problema mediante Estrategia de ensayo-error.

Posteriormente, para hacer hincapié en este hecho y establecer conexiones entre varias estrategias de resolución, se realizó el problema con el empleo de la hoja de cálculo (Figura 3).

Figura 3.: Resolución Problema 1 por Estrategia algebraica, ensayo-error y gráfica.

Como puede observarse, la *Resolución Gráfica* contribuyó a favorecer que los alumnos estableciesen conexiones entre el procedimiento algebraico y el geométrico, lo que mejoró su comprensión de la naturaleza de ambos procesos.

RESOLUCIÓN POR ESTRATEGIA ALGEBRAICA									
SISTEMA DE ECUACIONES CON EXCEL									
a=	1	34	ax+by=c						
b=	1	26	dx+ey=f						
c=	60								
NUESTRAS ECUACIONES									
d=	4		x+y=60						
e=	2		4x+2y=188						
f=	188								
LA EXPRESIÓN DE CALCULO DE X EN SU CELDA D2 ES			=(B4*B7-B3*B8)/(B2*B7-B3*B6)						
LA EXPRESIÓN DE CALCULO DE Y EN SU CELDA D3 ES			=(B2*B8-B4*B6)/(B2*B7-B3*B6)						
RESULTADO: X=CONJUNTO = 34 Y= GALLINAS = 26									

Figura 4.: Detalle Resolución Problema 1 por Estrategia algebraica.

Se detectaron también problemas a la hora de responder a la pregunta de cómo demostrar la unicidad de solución si se había usado la estrategia de ensayo-error (en la estrategia algebraica este detalle se deduce directamente por la obtención de un sistema compatible determinado), se propuso realizar un análisis de posibilidades (que los estudiantes a menudo confunden con las pruebas de ensayo-error). Este cambio de estrategia garantiza la obtención de todos los resultados posibles y, por tanto, de las soluciones (Figura 4), aunque sin el uso de la tecnología puede convertirse en un proceso demasiado costoso.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	CONJUNTO	GALLINAS	PATAS		CONJUNTO	GALLINAS	PATAS									
1	0	60	120		28	32	176									
2	1	59	122		29	31	178									
3	2	58	124		30	30	180									
4	3	57	126		31	29	182									
5	4	56	128		32	28	184									
6	5	55	130		33	27	186									
7	6	54	132		34	26	188									
8	7	53	134		35	25	190									
9	8	52	136		36	24	192									
10	9	51	138		37	23	194									
11	10	50	140		38	22	196									
12	11	49	142		39	21	198									
13	12	48	144		40	20	200									
14	13	47	146		41	19	202									
15	14	46	148		42	18	204									
16	15	45	150		43	17	206									
17	16	44	152		44	16	208									
18	17	43	154		45	15	210									
19	18	42	156		46	14	212									
20	19	41	158		47	13	214									
21	20	40	160		48	12	216									
22	21	39	162		49	11	218									
23	22	38	164		50	10	220									
24	23	37	166		51	9	222									
25	24	36	168		52	8	224									
26	25	35	170		53	7	226									
27	26	34	172		54	6	228									
28	27	33	174		55	5	230									
29	28	32	176		56	4	232									
30	29	31	178		57	3	234									
31	30	30	180		58	2	236									
32	31	29	182		59	1	238									

Figura 4.: Resolución Problema 1 por Estrategia de análisis de posibilidades.

Para subrayar el argumento anterior y destacar la importancia del uso de la hoja de cálculo, se resolvió el Problema 2 por este procedimiento (Figura 5), concluyendo que existían 5 soluciones posibles, hecho que contrasta con la única solución obtenida cuando se resolvió sin el empleo de este recurso.

CONCLUSIONES

El método de Polya para la resolución de problemas dota a los alumnos de herramientas para aprender contenido matemático y alcanzar un conocimiento acerca de qué capacidades y procesos se ponen en marcha durante dicha resolución, lo que resulta de gran utilidad para los futuros docentes de Primaria puesto que las matemáticas y su didáctica son uno de los ejes fundamentales de su conocimiento profesional.

Por otra parte, el empleo de la hoja de cálculo permite que los alumnos tomen conciencia de las conexiones existentes entre las distintas estrategias de resolución planteadas y hace posible que reflexionen sobre lo que significa la unicidad de soluciones (por ejemplo, a través del paso de la estrategia de ensayo-error a la de análisis de posibilidades). De este modo, los estudiantes pueden ampliar el conocimiento relativo a los procesos matemáticos (clasificar, demostrar, etc.) que se encuentran implícitamente involucrados en este contexto.

Además, la potencia de la hoja de cálculo permite una gestión razonable de estrategias (por ejemplo, del análisis de posibilidades) siendo un recurso con el que el estudiante puede desplazarse en todo momento (*Mobile learning*). Por tanto, es necesario incorporarlo a los procesos de enseñanza-aprendizaje adaptando el conocimiento de los docentes a este nuevo entorno tecnológico.

Como ha señalado en sus estudios el profesor Jon R. Star de la Universidad de Harvard, la capacidad de los alumnos para seleccionar el camino más adecuado hacia la solución de un problema cuando disponen de más de una manera de hacerlo es, en la actualidad, uno de los problemas principales del sistema educativo español. La consideración de la flexibilidad nos obliga a pensar qué métodos de instrucción pueden ayudar a promover esta importante capacidad en los estudiantes para maestro. Por tanto, la conclusión principal que se extrae del estudio realizado recientemente y reflejado en el artículo es que el uso de la tecnología para promover la flexibilidad matemática como elemento formativo básico en el desarrollo profesional de los futuros profesores de Primaria se ha revelado significativamente positiva, dotando a los docentes en período de formación de mecanismos que les facilitan un pensamiento más flexible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston: NCTM.
- [2] Gobierno de España. (2016). *Boletín Oficial del Estado*, BOE-A -215-738, pp. 6986-7003.
- [3] Polya, G. (1945). *How to solve it*. New Jersey: Princeton University Press.
- [4] Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Orlando: Academic Press Inc.
- [5] Mason, J., Burton, L. y Stacey, K. (1988). *Pensamiento matemático*. Madrid: MEC, Labor.
- [6] Guzmán, M. (2006). *Para pensar mejor: desarrollo de la creatividad a través de los procesos matemáticos*. Madrid: Pirámide.
- [7] Madrid Vivar, D., Mayorga Fernández y M.J., Núñez Avilés, F. (2013). Aplicación del M-learning en el aula de primaria: experiencia práctica y propuesta de formación para docentes. *EduTec-e: Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (45). Recuperado de: http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec45/pdf/EduTec-e_n45-Madrid-Maryorga-Nunez.pdf/
- [8] Lozano Ortiz, I., Vicent Safont, L., Luque Hernández, A. (2013). Motivate and learn with mobile phones by creating an app for android, through a ludic, constructivist and social methodology. *RED: Revista Educativa a Distancia*, (3). Recuperado de: <http://www.um.es/ead/red/36/lozano.pdf/>
- [9] Camacho Martí, M. (2011). Mobile learning: aproximación conceptual y prácticas colaborativas. UT: *Revista de Ciències de l'Educació*. Pp. 43-50. Recuperado de: <http://pedagogia.fcep.urv.cat/revistaut/revistes/2011desembre/article03.pdf/>
- [10] Brazuelo Grund, F., Gallego Gil, D.J. (2014). Estado del mobile learning en España. *Educación en Revista*, (4).
- [11] Bain, K. (2005). *Lo que hacen los mejores profesores de universidad*. Traducido por Óscar Barberá. València: Publicacions de la Universitat de València. (1ª ed. inglesa 2004).
- [12] Resnick, L.B. (1983). *Mathematics and science learning: a new conception*. American Assn for the Advancement of Science.