



MONOGRÁFICO: MATEMÁTICA, TECNOLOGÍA Y ENTORNOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Diseño de un estudio exploratorio para la aplicación de técnicas de analíticas de aprendizaje en la enseñanza de las fracciones en 5º curso de Educación Primaria

José Antonio Rodríguez¹, José Antonio González-Calero^{1*} y Ramón Cózar²

¹Departamento de Matemáticas, Universidad de Castilla-La Mancha, Facultad de Educación de Albacete. ²Departamento de Historia, Universidad de Castilla-La Mancha, Facultad de Educación de Albacete.

PALABRAS CLAVE

Analíticas del aprendizaje,
Fracciones
Educación primaria
Clickers
Enseñanza individualizada

KEYWORDS

Learning analytics
Fractions
Primary education
Clickers
Individualized learning

RESUMEN

El NMC Horizon Report 2017 destaca que las técnicas de analíticas de aprendizaje hacen posible la recopilación de grandes volúmenes de información en cualquier entorno educativo, y que estas pueden ser utilizadas para actuar como un elemento de control de la efectividad de los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este trabajo se presenta el diseño de un estudio orientado a analizar el potencial de dispositivos de respuesta remota (*clickers*) a la hora de construir secuencias de enseñanza personalizada en la asignatura de Matemáticas en 5º curso de Educación Primaria. En concreto, se plantea la realización de un estudio cuasi-experimental con una duración total de cuatro sesiones (cuatro sesiones de enseñanza más pre-test y post-test) en las que tanto el grupo de control como el experimental completarán una secuencia de enseñanza basada en problemas matemáticos. En cada sesión en ambos grupos se emplearán unos dispositivos de respuesta remota (*clickers*) para registrar el desempeño de los estudiantes en las tareas planteadas. Estas sesiones se utilizarán para crear una retroalimentación que en el grupo control se recibirá de forma genérica mientras que el experimental será individualizada. Para la evaluación de las ganancias de aprendizaje se empleará un cuestionario basado en estándares de aprendizaje asociados a las fracciones y evaluables en 5º de Primaria.

Design of an exploratory study for the application of learning analytical techniques in the teaching of fractions in the 5th year of Primary Education

ABSTRACT

The NMC Horizon Report 2017 highlights that the techniques of learning analytics make possible the collection of large volumes of information in any educational environment, and these can be used to act as an element of control of the effectiveness of teaching-learning processes. This paper presents the design of a study aimed at analyzing the potential of remote response devices (*clickers*) when constructing personalized teaching sequences in the Mathematics subject in the 5th year of Primary Education. In particular, a quasi-experimental study with a total duration of six sessions in which both groups will complete

Universidad de Castilla-La Mancha

Autor de correspondencia: * José Antonio González-Calero. E-mail: jose.gonzalezcalero@uclm.es. Departamento de Matemáticas, Universidad de Castilla-La Mancha, Facultad de Educación de Albacete. (Edificio Simón Abril). Plaza de la Universidad, 3. 02071, Albacete, España. +34 967 599200.

Recibido el 15/06/2018 – Aceptado el 07/09/2018

Revista de Formación del Profesorado e Investigación Educativa
Facultad de Formación del Profesorado y Educación
Universidad de Oviedo - Universidá d'Uviéu - University of Oviedo
Enero - Diciembre 2018
ISSN: 2340 - 4728

a teaching sequence based on mathematical problems will be carried out. In each session in both groups, remote response devices (clickers) will be used to record the students' performance in the tasks proposed. These sessions will be used to create a feedback that it will be received in a generic way in the control group while the experimental one will be individualized. For the evaluation of learning gains, a questionnaire based on learning standards associated with fractions and evaluable in 5th grade will be used.

Introducción

El NMC Horizon Report 2017 Higher Education Edition sitúa a *learning analytics* (analíticas de aprendizaje, en castellano) como una de las tendencias tecnológicas emergentes en de los sistemas educativos a medio plazo (Becker et al., 2017). *Learning analytics* (LA, en adelante) se define como la recogida, análisis y uso de información para la evaluación del comportamiento de comunidades de aprendizaje (Larsson y White, 2014). El informe Horizon Report 2017 destaca que la tecnología actual facilita la recogida de grandes cantidades de información en cualquier contexto educativo. Dicha información puede ser analizada para actuar como un elemento de control de la efectividad de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Las técnicas de LA comprenden una amplia variedad de posibilidades para la recogida de la información. De entre varias tecnologías, una de las que mayor aceptación goza entre los educadores que utilizan las TIC para mejorar la inclusión de todos

los alumnos y su intervención activa en el aula es la de *audience response systems* (sistemas de respuesta del público, ARS) (Fies y Marshall, 2006). En concreto, dentro de la tecnología ARS, destacan los *clickers*, dispositivos de pequeño tamaño, normalmente inferior al de un teléfono móvil, que suelen funcionar con un sistema de radiofrecuencia que permite a los usuarios responder preguntas previamente preparadas por el docente de manera ágil y sin necesidad de conexiones cableadas. Cada usuario responde desde su propio dispositivo, el cual transmite tanto la respuesta como el tiempo de respuesta. Estos datos son registrados por un sistema receptor que recoge la información para su posterior análisis (Caldwell, 2007). En contextos educativos este dispositivo tecnológico permite al docente un amplio abanico de diferentes actividades de recogida de información como pueden ser preguntas de elección múltiple, verdadero o falso, preguntas cortas e incluso trabajos extensos, dependiendo del dispositivo que se utilice (Mayer et al., 2009). La Figura 1 muestra algunos ejemplos de algunos de estos modelos.



Figura 1. Ejemplos de ARS

El presente estudio pretende presentar el diseño de una investigación para la realización de secuencias de aprendizajes personalizadas y adaptadas a los alumnos de Educación Primaria en la materia de Matemáticas utilizando las diferentes tecnologías que LA pone a nuestra disposición. Autores como Chien, Chang, y Chang, (2016); Hunsu, Adesope y Bayly (2016) o Pappamitsiou & Economides (2014) detectan, dentro de LA, asociaciones beneficiosas en la introducción de estrategias didácticas orientadas a personalizar el aprendizaje de los alumnos (p.ej., *clicker assessment and feedback* (evaluación y retroalimentación con Clickers, CAF en adelante)), las cuales tienen una relevancia práctica crítica para conseguir una optimización de los sistemas de aprendizaje del siglo XXI. A su vez, este trabajo tratará de analizar los potenciales beneficios de la utilización de LA dentro de nuestras aulas de primaria, más concretamente dentro de las sesiones de matemáticas.

LA en educación

A pesar de que el análisis de los datos de los estudiantes de forma masiva se ha convertido en un fenómeno importante en la educación en la última década, en realidad, la utilización de *Big Data* en los entornos educativos no es algo nuevo. Así, el uso de datos para apoyar el aprendizaje del estudiante se remonta a la investigación sobre sistemas tutoriales inteligentes y la inteligencia artificial en educación (Fagen, Crouch, y Mazur, 2002). En la actualidad, el objetivo principal del uso de datos en educación se ha centrado en identificar estrategias para diseñar y optimizar mejores entornos de aprendizaje (Mor, Ferguson, y Wasson, 2015).

Entre los diferentes elementos que coexisten dentro de LA, todos tratan de describir un conjunto de diversas herramientas, aplicaciones y enfoques para manejar grandes cantidades de datos de estudiantes en contextos complejos en los que se produ-

ce el aprendizaje (Greer y Mark, 2016). Aunque ya a principios de 2000 las investigaciones apuntaban a que la minería de datos educativa poseía grandes potenciales en cuanto a la mejora educativa (p.ej., Baker y Inventado, 2014 o Romero, Ventura, y García, 2008), ésta evolucionó hacia el uso de LA. Así, aunque las dos comunidades de investigación comparten el objetivo de apoyar y mejorar las metodologías dentro de la educación, el enfoque de *educational data mining* (minería de datos educativa) se ocupa principalmente del descubrimiento automatizado del conocimiento que proviene de entornos educativos y de usar esos elementos para comprender mejor las actuaciones de los estudiantes y los procesos que favorecen el aprendizaje y ofrece una colección de herramientas computarizadas de recopilación y visualización de datos. En cambio, LA implica dar un paso más y busca proporcionar a los estudiantes y profesores herramientas y metodologías para construir secuencias de aprendizaje útiles en la optimización los procesos de enseñanza aprendizaje (p.ej., Mor et al., 2015 y Siemens y Baker, 2012).

A pesar de la creciente investigación sobre LA en educación y sus potenciales beneficios dentro de los entornos educativos, las instituciones académicas son lentas en su introducción (Daniel, 2017). Esta lentitud se incrementa en gran medida si nos fijamos en el caso de la educación primaria. Diversos meta-análisis recientes indican que los participantes de sus estudios analizados eran en su mayoría estudiantes universitarios (p.ej., Hunsu et al., 2016 y Liu et al., 2017). En concreto, en ambos estudios se muestra que casi el 90% de los trabajos de investigación analizados tuvieron lugar en aulas universitarias. Aunque la utilización de LA está adquiriendo una gran popularidad, siendo las tecnologías relacionadas con ARS como *clickers* las que más se emplean en las aulas (Chien et al., 2016; Fies y Marshall, 2006), relativamente pocos estudios han llevado a cabo investigaciones en la etapa de educación primaria. Según estos estudios, la introducción de tecnologías relacionadas con LA en los colegios se relaciona con dificultades diferentes a los de la universidad. Las principales preocupaciones de escuelas e institutos a la hora de emplear ARS suelen estar relacionadas con el soporte técnico, la falta de conocimiento del profesorado, el uso inapropiado de Internet si se utilizan sistemas basados en red o los problemas relacionados con que los alumnos traigan sus propios dispositivos (Liu et al., 2017, p. 606).

Por otro lado, algunos autores como Eynon (2013) advierten que la sobreutilización de estas tecnologías relacionadas con *big data* en la educación pueden generar una creencia falsa, según la cual la solución a todos los problemas que nos rodean está en esta tecnología, y que cualquier tipo de contenido puede ser impartido con ella, en lugar de encontrar formas de empoderar a los docentes en el perfeccionamiento específico de procesos educativos que realmente lo necesiten. No obstante, los resultados de los meta-análisis realizados por Chien et al., (2016); Hunsu et al., (2016) y Kay y LeSage (2009) coinciden en señalar que las LA ofrecen al docente la posibilidad de optimizar de manera efectiva secuencias de enseñanza individualizadas para cada estudiante. Hunsu et al. (2016) aboga por la utilización de técnicas de LA para ayudar a los estudiantes a superar conceptos erróneos profundamente arraigados y fomentar el cambio conceptual en el aprendizaje. A pesar de ello, Kay y LeSage (2009) consideran que aún debe determinarse si los ARS son más adecuados para contenidos más conceptuales o si se necesita un conjunto diferente de estrategias para las clases más pequeñas y los estudiantes más jóvenes. Entre sus conclusiones estos estudios reivindican la necesidad de nuevas investigaciones que ofrezcan metodologías diferentes que optimicen estas secuencias y hagan posible un aprendizaje individualizado para todo el alumnado.

LA en matemáticas

LA se ha introducido en la enseñanza en de todas las áreas educativas, pero Kay y LeSage (2009) detectan un mayor uso en

enseñanzas relacionadas con las matemáticas y ciencias. Esto puede ser debido a que diferentes investigaciones relacionados con el enfoque STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) encuentran sinergias positivas dentro de los enfoques cuantitativos que acompañan las actividades relacionadas con LA (p.ej., Cline, Parker, Zullo, y Stewart, 2012; Faber, Luyten, y Visscher, 2017; Hollebrands, 2017; Riedel y Lynch, 2013 o Wang, Chung, y Yang, 2014), dado que el almacenamiento y análisis de las secuencias pedagógicas de forma masiva dentro de las sesiones pueden aportar a los docentes de estas asignaturas, la información que les es imposible recopilar, gestionar y optimizar de forma tradicional en el día a día de sus sesiones (Tempelaar, Rienties, y Giesbers, 2015).

Actualmente ya existen plataformas web como la de Khan Academy que permiten participar en cursos de matemáticas en línea en los que los estudiantes pueden ver vídeos, resolver ejercicios y gestionar su propio aprendizaje (del Blanco et al., 2013). Esta plataforma ya proporciona un módulo, y existen algunos módulos externos, que por medio de LA realiza un análisis del aprendizaje con visualizaciones de datos personales útiles. Todo ello, según Ruipérez-Valiente, Muñoz-Merino, Leony y Delgado Kloos (2015), permite bien al alumno auto-gestionar su propio aprendizaje pudiendo elegir repetir diferentes ejercicios siendo conocedor de sus déficits, pero también puede permitir al docente gestionar la clase en agrupaciones por sus necesidades de aprendizajes específicas.

Al analizar investigaciones sobre ARS relacionadas con las matemáticas encontramos gran variedad de estudios, aunque muy escasos en el ámbito de la educación primaria, como ya hemos comentado anteriormente. Un estudio llevado a cabo con 105 universitarios confirmó que la comprensión de conceptos matemáticos y el rendimiento académico mejoró notablemente tras la implementación efectiva de actividades recopiladas con ARS de los alumnos gracias a la retroalimentación que se podía proporcionar (Simelane y Skhosana, 2012). Otra investigación en la misma línea, con alumnos de secundaria, destacó que el uso de los *clickers* mejoraba el resultado del aprendizaje de elementos geométricos en el alumno y la participación en clase en matemáticas frente a la clase tradicional por medio de entornos de aprendizaje mucho más personalizados y participativos (Wang et al., 2014). Incluso en este estudio se destaca que alumnos con necesidades educativas especiales se beneficiaron del uso de los ARS para participar en las actividades de la clase y obtuvieron mejores puntuaciones en las pruebas ya que participaban más activamente en las clases y se les incluía en el desarrollo de las actividades. Por otro lado, van den Berg, Harskamp, y Suhre (2016) encuentran en las tecnologías ARS potenciales herramientas para la correcta evaluación de los alumnos ya que hacen posible ponderar las actividades atendiendo al contexto individual del alumno dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. Haeusler y Lozanovski (2010) destacan que la utilización de *clickers* como herramientas les permitió generar sesiones de ciencias y matemáticas en las que los alumnos universitarios se implicaron cognitivamente en mayor grado, lo que acarrió resultados mejores en comparación con la enseñanza tradicional.

ARS en educación

Según Han y Finkelstein (2013) el prototipo inicial del dispositivo *clicker* fue diseñado y producido por Carpenter (1950) en la Pennsylvania State University. Sin embargo, no fue hasta medio siglo después, a raíz de la publicación de Mazur (1997) cuando se produjo la rápida adopción e implementación de CAF en varias universidades en Europa y América del Norte de manera intensiva (Steinberg, 2010). Esto puede haber sido el resultado de la investigación del grupo Harvard Physics dirigido por Mazur (Crouch y Mazur, 2001; Fagen, Crouch, y Mazur, 2002), que subrayó consistentemente los beneficios de CAF en varios aspectos

tos del aprendizaje del estudiante. En concreto, se publicaron evidencias de descubrimientos relacionados con la mejora que producía CAF en la participación de los estudiantes y su relación con los contenidos impartidos en el aula y cómo esto impacta en el aprendizaje al ayudar a abordar conceptos erróneos importantes (Crouch y Mazur, 2001).

En contraste, uno de los problemas principales que detectan los estudios que utilizan *clickers* de forma regular es la cobertura del contenido. Gran cantidad de investigaciones indican que los profesores, y en ocasiones los estudiantes, creen que se utiliza menos contenido cuando se usa un ARS (p.ej., Beatty, Gerace, Leonard y Dufresne, 2006; Hatch, Jensen y Moore, 2005, o Horowitz, 2006). Sin embargo, en aquellas situaciones donde se abordan concepciones erróneas sobre un tema específico, aunque puede llevar más tiempo que simplemente presentar el material en un formato de clase magistral, las técnicas ARS pueden aportar beneficios que merece la pena ser estudiados (Caldwell, 2007; Kay y LeSage, 2009).

En líneas generales, los estudios que hablan del potencial que pueden aportar el uso de *clickers* en las aulas ofrecen una amplia diversidad de resultados beneficiosos. Así, las investigaciones que comparan los resultados de aprendizaje observados en las clases de *clickers* con los que se pueden obtener en el aula tradicional comenzaron ya a finales de la década de los 90 (p.ej., Copeland, Hewson, Stoller y Longworth, 1998), aunque es en la última década cuando se observa un incremento significativo en la aparición de los mismos (Hunsu et al., 2016). Estudios recientes afirman que este dispositivo es una herramienta efectiva para que el docente monitorice la comprensión de los estudiantes y detecte concepciones erróneas sobre la materia que se enseña (Caldwell, 2007). En la misma línea, otros autores afirman que las clases diseñadas con sistemas *clickers* fomentan la interacción cognitiva entre los estudiantes y su instructor (Kay y LeSage, 2009). Además, los objetivos de aprendizaje que requieren habilidades de razonamiento crítico y un mayor compromiso cognitivo mejoran notablemente con retroalimentación oportuna, la cual se puede originar en la recogida de información con *clickers* y un análisis constructivo por parte del docente (Zhao y Kuh, 2004). Autores como Blasco-Arcas, Buil, Hernández-Ortega y Sese (2013) afirman que la utilización de *clickers* en la clase facilita la comprensión de los conceptos mejorando los materiales de la clase y optimizando significativamente los procesos de enseñanza-aprendizaje ya que los docentes pueden ver individualmente qué estudiante entiende cada concepto, lo que les ayuda a identificar cualquier dificultad más fácilmente.

Dificultades en el aprendizaje de las fracciones

Tanto enseñar como aprender fracciones han sido tradicionalmente unas de las áreas que más problemas han causado a docentes y a alumnos (Charalambous y Pitta-Pantazi, 2007). La dificultad asociada al aprendizaje de fracciones en estudios elementales es un problema persistente y uno de los principales obstáculos para tener un éxito real en las matemáticas que los alumnos necesitarán en años posteriores. Las investigaciones sobre este problema han identificado varias áreas donde los estudiantes encuentran dificultades relacionadas con las fracciones (p.ej., Charalambous y Pitta-Pantazi, 2007; Kazemi y Rafiepour, 2018; Martin et al., 2015, o Zhang, Clements, y Ellerton, 2015). Así, algunas de las dificultades clásicas a la hora de trabajar con fracciones son: i) confundir la unidad con el todo; ii) entender que el numerador y el denominador son valores separados; iii) tener dificultades para ver numerador y el denominador como un valor único; iv) operar con fracciones con los algoritmos que se utilizan en los números enteros (Bassarear, 2008).

Según Bassarear (2008) las fracciones simplemente no se pueden enseñar directamente; sino que, más bien, una comprensión integral surge de ser consciente de la conexión y las relaciones sutiles entre varios conceptos y procedimientos. Por ello, el docente debe propiciar diferentes contextos en los que se visualicen un amplio abanico de situaciones con fracciones (Kazemi y Rafiepour, 2018). Así, a partir del uso de fracción como cociente, como medida, como razón o como operador, por medio de diferentes ejemplos, el alumno se va acercando al concepto de número racional y consecuentemente al de fracción (Lamon, 2006).

Objetivos

Esta investigación se ha marcado como objetivo el evaluar el impacto sobre el aprendizaje y la motivación de estudiantes de 5º de Primaria producido por una secuencia de enseñanza en las que al estudiante se le ofrece retroalimentación individualizada a partir de la utilización de las tecnologías ARS (*clickers*) y centrada en la adquisición de conceptos matemáticos, específicamente en la enseñanza de las fracciones.

La instrucción tomará en consideración los diferentes subconstructos asociados al significado de fracción, así como su relación con las operaciones y la resolución de problemas. En concreto se toma como referencia el marco propuesto por Post, Behr, Lesh y Harel (1993) (véase Figura 2).

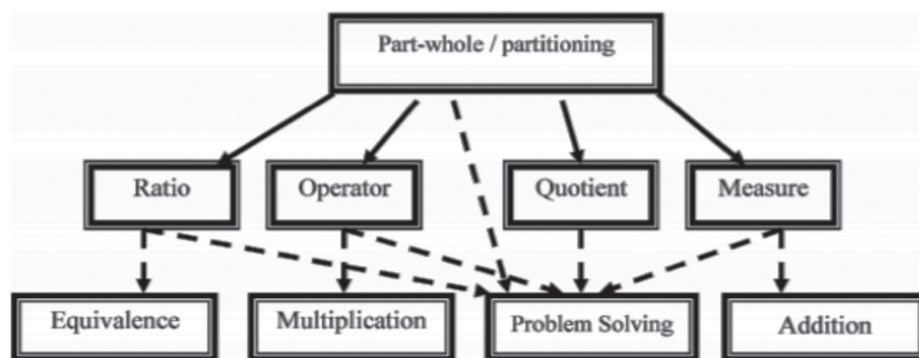


Figura 2. Esquema del modelo teórico del test adaptado de Post et al. (1993)

De este marco se opta por mantener los que para los autores se consideran los constructos fundamentales para la adquisición del concepto de fracción: i) parte-todo, ii) razón, iii) operador, iv) cociente y v) medida.

El estudio aspira a dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

RQ1: ¿Tiene un efecto significativo en el aprendizaje de las fracciones de estudiantes de 5º de Primaria la utilización de secuencias de enseñanza personalizadas construidas a partir del uso de *clickers* en comparación con secuencias de enseñanza genéricas?

RQ2: ¿Influye en la motivación de alumnos de 5º curso de Primaria la utilización de secuencias de enseñanza personalizadas construidas a partir del uso de *clickers*?

Método

Participantes

Para llevar a cabo esta investigación se buscará obtener una muestra representativa de alumnos de 5º curso de educación primaria. Para mantener la validez ecológica del estudio se mantendrán los grupos completos de alumnos y diferentes clases representarán a los grupos de control y experimental. En principio, se estudiarán los grupos seleccionados con el objeto de identificar si existe alumnado categorizado como alumnos con necesidades educativas especiales o que posea un plan de

trabajo individualizado (PTI). No se incluirán en el estudio aquellos estudiantes con un desfase curricular en la materia de Matemáticas.

Procedimiento

Para abordar los objetivos del estudio se propone la realización de un estudio cuasiexperimental en el que se estructuran cuatro sesiones matemáticas (véase Figura 3) mediante el uso de *clickers*. Las sesiones matemáticas serán idénticas en ambos grupos y en ambos se utilizará *clickers* para trabajar diferentes problemas matemáticos relacionados con las fracciones.



Figura 3. Planificación de sesiones

La diferencia entre ambos grupos vendrá dada por la retroalimentación diferenciada ofrecida a cada grupo. Tras cada una de las sesiones matemáticas se recogerán los datos obtenidos mediante *clickers* y se analizarán para la construcción de una retroalimentación específica, consistente en una serie de ejercicios específicos atendiendo a las actuaciones de cada estudiante. El grupo experimental recibirá una secuencia de cuatro ejercicios individualizada atendiendo a los errores que hubiera cometido durante la sesión de matemáticas con *clickers*. Mientras tanto, el grupo de control recibirá el mismo número de ejercicios, pero de forma generalista, sin la realización de una personalización. En consecuencia, todos los estudiantes del grupo de control recibirán los mismos ejercicios. La retroalimentación de ambos grupos se les ofrecerá al menos cuatro días antes de la siguiente sesión y será recogida para su posterior análisis, corrección y entrega al alumno al comienzo de la siguiente sesión. Esta corrección tam-

bién se le entregará al alumno para que detecte los errores que ha mantenido en la retroalimentación.

Test matemático

Para evaluar el aprendizaje matemático los estudiantes completarán dos test equivalentes antes del comienzo de la intervención y a su finalización (pre-test y post-test, respectivamente). Tal y como hemos comentado en el apartado anterior, el test matemático trata de evaluar la conceptualización de fracción. La Tabla 1 muestra del total de categorías utilizadas por Charalambous y Pitta-Pantazi (2007) en su investigación en la que se basa este formulario *ad hoc* (véase pre-test matemático en el Anexo 1). En esta tabla se muestra el número de actividades que se realizarán para cada una de las categorías, así como un ejemplo para cada una de ellas.

Tabla 1. Test matemático

Tipo de ejercicio	Nº de ejercicios	PRE	POST
Parte del todo	3	1,2,3	7,8,9
Razón	2	4,5	16,17
Operador	3	6,7,8	18,19,1
Cociente	3	9,10,11,	2,3,4,
Medida	4	12,13,14,15	5,6,10,11
Operaciones	1	18	14
Fracciones equivalentes	2	16,17	12,13.
Resolución de problemas	1	19	15

Test motivacional

Para mensurar la motivación a lo largo de las sesiones con *clickers* se utilizará el test de Keller por haber sido comprobada su funcionalidad y eficacia en diversos estudios motivacionales (Keller, 1987, 2008; Li y Keller, 2018). Concretamente se ha decidido usar una adaptación de una versión reducida del test de Keller (Loorbach, Peters, Karreman, y Steehouder, 2015) para desarrollar un cuestionario de tipo Likert. Este cuestionario (véase Figuras 4 y 5) cuenta con 12 afirmaciones en las que el encuestado debe seleccionar entre cinco opciones que van desde “Totalmente en desacuerdo” hasta a “Totalmente de acuerdo”. El instrumento se aplicará a la evaluación de dos situaciones: la motivación de la persona hacia la clase

de matemáticas con *clickers* y la motivación hacia la clase de matemáticas que normalmente reciben y en la que no utilizan *clickers*. El instrumento permite medir cuatro dimensiones diferentes de la motivación: 1) atención, 2) relevancia, 3) confianza y 4) satisfacción. Esto permitirá detectar sobre qué componentes afecta en mayor medida la utilización de *clickers* durante las sesiones.

Para realizar una medición apropiada de la influencia de *clickers* se tomarán dos mediciones de esta herramienta tras la segunda y la cuarta sesión. Se realizará la primera medición de la motivación de los alumnos tras haber finalizado dos sesiones, para que el alumno ya disponga de una opinión inicial y se realizará una segunda medición para detectar potenciales diferencias de motivación tras nuevas sesiones de *clickers*.

Queremos conocer tu opinión sobre la clase de MATEMÁTICAS que acabas de tener usando *clickers*. En el cuestionario hay 12 enunciados. Tienes que elegir para cada enunciado la opción que consideres que mejor describe tu experiencia, no la que te gustaría que fuese cierta o la que crees que a otras personas les gustaría escuchar. Fíjate que las opciones están al principio de la tabla en la primera fila.

Importante: Sólo puedes marcar una opción en cada pregunta.

		(1) Totalmente en desacuerdo	(2) Bastante en desacuerdo	(3) Ni de acuerdo ni desacuerdo	(4) Bastante de acuerdo	(5) Totalmente de acuerdo
A01	La calidad de las actividades con <i>clickers</i> me ayuda a mantener la atención.	1	2	3	4	5
A02	La forma de organizar la información usando estos materiales (<i>clickers</i>) me ayuda a mantener la atención	1	2	3	4	5
A03	La variedad de actividades ayuda a mantener mi atención en la clase	1	2	3	4	5
R04	Para mí es claro como esta clase está relacionada con cosas que ya sabía.	1	2	3	4	5
R05	Los contenidos y las actividades con <i>clickers</i> transmiten la impresión de que merece la pena conocer los contenidos de la lección	1	2	3	4	5
R06	El contenido de esta clase es útil para mí	1	2	3	4	5
C07	Mientras trabajo en esta clase con <i>clickers</i> , estoy seguro de que voy a aprender los contenidos.	1	2	3	4	5
C08	Después de trabajar en esta clase, me siento seguro de que sería capaz de aprobar un examen sobre el tema.	1	2	3	4	5
C09	La buena organización de la clase con <i>clickers</i> me ayuda a estar seguro de que voy a aprender los contenidos.	1	2	3	4	5
S10	He disfrutado tanto en clase con <i>clickers</i> que me gustaría saber más sobre este tema.	1	2	3	4	5
S11	Me ha gustado esta clase (con <i>clickers</i>)	1	2	3	4	5
S12	Ha sido un placer trabajar en una clase tan bien diseñada (con <i>clickers</i>).	1	2	3	4	5

Figura 4. Test de motivación, primera parte.

Queremos conocer tu opinión sobre las clases de **MATEMÁTICAS** que normalmente das y en las que **NO** usas **clickers**. En el cuestionario hay 12 enunciados. Tienes que elegir para cada enunciado la opción que consideres que mejor describe tu experiencia, no la que te gustaría que fuese cierta o la que crees que a otras personas les gustaría escuchar. Fíjate que las opciones están al principio de la tabla en la primera fila.

Importante: Sólo puedes marcar una opción en cada pregunta.

		(1) Totalmente en desacuerdo	(2) Bastante en desacuerdo	(3) Ni de acuerdo ni desacuerdo	(4) Bastante de acuerdo	(5) Totalmente de acuerdo
A01	La calidad de las actividades me ayuda a mantener la atención.	1	2	3	4	5
A02	La forma de organizar la información me ayuda a mantener la atención	1	2	3	4	5
A03	La variedad de actividades ayuda a mantener mi atención en la clase	1	2	3	4	5
R04	Para mí es claro como las clases están relacionadas con cosas que ya sabía.	1	2	3	4	5
R05	Los contenidos y las actividades transmiten la impresión de que merece la pena conocer los contenidos de la lección.	1	2	3	4	5
R06	El contenido de las clases es útil para mí.	1	2	3	4	5
C07	Mientras trabajo en clase, estoy seguro de que voy a aprender los contenidos.	1	2	3	4	5
C08	Después de trabajar en clase, me siento seguro de que sería capaz de aprobar un examen sobre el tema.	1	2	3	4	5
C09	La buena organización de las clases me ayuda a estar seguro de que voy a aprender los contenidos.	1	2	3	4	5
S10	Disfruto tanto en clase, que me gustaría saber más sobre los temas.	1	2	3	4	5
S11	Me gustan estas clases.	1	2	3	4	5
S12	Es un placer trabajar clases tan bien diseñadas.	1	2	3	4	5

Figura 5. Test de motivación segunda parte: clases de matemáticas.

Consideraciones finales

Los sistemas educativos actuales se ven obligados a atender necesidades complejas en contextos económicos difíciles (p.ej., elevado ratio alumnos por clase). Una manera habitual de atender a las diferentes necesidades del alumnado pasa por la personalización de los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, diversas investigaciones apuntan a que las técnicas de LA ofrecen posibilidades a la hora de detectar y superar concepciones erróneas y de individualizar las secuencias de enseñanza. Atendiendo las reivindicaciones de diferentes autores como Hunsu et al. (2016), Kay y LeSage (2009) o Liu et al. (2017), quienes solicitan profundizar en la correcta utilización de LA dentro de los sistemas educativos, el presente estudio aspira a analizar la eventual efectividad de una retroalimentación individualizada en la enseñanza de las matemáticas.

Los resultados de este estudio podrían validar el diseño y la construcción de entornos tecnológicos dedicados a provisión de tareas y retroalimentación en esta línea. Esta nueva mirada educativa se debe basar en analizar las huellas digitales y algoritmos que detecten patrones en las actuaciones de los alumnos. Autores como del Blanco et al. (2013) ya comienzan a ver potencialidades en plataformas de enseñanza orientadas de esta forma y en un futuro se podría ofrecer sesiones de aprendizaje individualizado según el análisis del aprendizaje de los propios alumnos. En nuestro estudio hemos elegido utilizar *clickers* dada sus potenciales usos y beneficios que ya hemos comentado. No obstante, nos gustaría recalcar el uso meramente instrumental de esta herramienta, la cual hace posible de una manera ágil la recogida, el almacenamiento

y procesamiento de la información para su posterior análisis. De hecho, este estudio hace uso de *clickers* para analizar la efectividad de una propuesta que en el futuro podría ser implementada en diferentes entornos tecnológicos (p.ej., entornos de aprendizaje interactivos) que facilitarían el análisis automático de los datos recopilados. Con la aparición de nuevos elementos tecnológicos, estos podrían ser adaptados y cada vez más aplicaciones y más dispositivos nutrirán el ecosistema educativo, generarán más entradas de datos y permitirán registrar, medir y analizar más aspectos. Esto podría llevar el proceso de enseñanza-aprendizaje a un nuevo paradigma, que realmente rompa definitivamente con la enseñanza como la entendemos en el siglo XXI.


Referencias

- Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In *Learning Analytics: From Research to Practice* (pp. 61–75). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_4
- Bassarear, T. (2008). *Mathematics for elementary school teachers*. Brooks/Cole.
- Beatty, I. D., Gerace, W. J., Leonard, W. J., & Dufresne, R. J. (2006). Designing effective questions for classroom response system teaching. *American Journal of Physics*, 74(1), 31–39. <https://doi.org/10.1119/1.2121753>
- Becker, S. A., Cummins, M., Davis, A., Freeman, A., Hall, C. G., y Ananthanarayanan, V. (2017). NMC horizon report: 2017 higher education edition (pp. 1-60). The New Media Consortium.




- Blasco-Arcas, L., Buil, I., Hernández-Ortega, B., & Sese, F. J. (2013). Using clickers in class. The role of interactivity, active collaborative learning and engagement in learning performance. *Computers & Education*, 62, 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.019>
- Caldwell, J. E. (2007). Clickers in the Large Classroom: Current Research and Best-Practice Tips. *CBE—Life Sciences Education*, 6(1), 9–20. <https://doi.org/10.1187/cbe.06-12-0205>
- Carpenter, C. R. | An. O. (1950, October). The Classroom Communicator (Rapid Mass Learning). Technical Report. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=ED032755>
- Charalambous, C. Y., & Pitta-Pantazi, D. (2007). Drawing on a theoretical model to study students' understandings of fractions. *Educational Studies in Mathematics*, 64(3), 293–316. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-9036-2>
- Chien, Y.-T., Chang, Y.-H., & Chang, C.-Y. (2016). Do we click in the right way? A meta-analytic review of clicker-integrated instruction. *Educational Research Review*, 17, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.10.003>
- Cline, K., Parker, M., Zullo, H., & Stewart, A. (2012). Addressing Common Student Errors With Classroom Voting in Multivariable Calculus. *PRIMUS*, 23(1), 60–75. <https://doi.org/10.1080/10511970.2012.697098>
- Copeland, L. H., Hewson, M. G., Stoller, J. K., & Longworth, D. L. (1998). Making the continuing medical education lecture effective. *Journal of Continuing Education in the Health Professions*, 18(4), 227–234. <https://doi.org/10.1002/chp.1340180406>
- Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970–977. <https://doi.org/10.1119/1.1374249>
- Daniel, B. K. (2017). Big Data and data science: A critical review of issues for educational research. *British Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.1111/bjet.12595>
- del Blanco, A., Serrano, A., Freire, M., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjon, B. (2013). E-Learning standards and learning analytics. Can data collection be improved by using standard data models? In *2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1255–1261). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EduCon.2013.6530268>
- Eynon, R. (2013). The rise of Big Data: what does it mean for education, technology, and media research? *Learning, Media and Technology*, 38(3), 237–240. <https://doi.org/10.1080/17439884.2013.771783>
- Faber, J. M., Luyten, H., & Visscher, A. J. (2017). The effects of a digital formative assessment tool on mathematics achievement and student motivation: Results of a randomized experiment. *Computers & Education*, 106, 83–96. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.001>
- Fagen, A. P., Crouch, C. H., & Mazur, E. (2002). Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms. *The Physics Teacher*, 40(4), 206–209. <https://doi.org/10.1119/1.1474140>
- Fies, C., & Marshall, J. (2006). Classroom Response Systems: A Review of the Literature. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 101–109. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-0360-1>
- Greer, J., & Mark, M. (2016). Evaluation Methods for Intelligent Tutoring Systems Revisited. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 387–392. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0043-2>
- Haeusler, C. E., & Lozanovski, C. (2010). Student perception of clicker technology in science and mathematics education. Retrieved from <https://eprints.usq.edu.au/18154/>
- Han, J. H., & Finkelstein, A. (2013). Understanding the effects of professors' pedagogical development with Clicker Assessment and Feedback technologies and the impact on students' engagement and learning in higher education. *Computers & Education*, 65, 64–76. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.002>
- Hatch, J., Jensen, M., & Moore, R. (2005). Manna from heaven or “clickers” from hell. *Journal of College Science Teaching*, 34(7), 36–42. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/200337719?pq-origsite=gscholar>
- Hollebrands, K. (2017). A framework to guide the development of a Teaching Mathematics with Technology Massive Open Online Course. *North American Chapter of the Psychology of Mathematics Education*, 1. Retrieved from <https://par.nsf.gov/biblio/10057985>
- Horowitz, H. M. (2006). ARS Evolution. In *Audience Response Systems in Higher Education* (pp. 53–64). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-59140-947-2.ch004>
- Hunsu, N. J., Adesope, O., & Bayly, D. J. (2016). A meta-analysis of the effects of audience response systems (clicker-based technologies) on cognition and affect. *Computers & Education*, 94, 102–119. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.013>
- Kay, R. H., & LeSage, A. (2009, November 1). Examining the benefits and challenges of using audience response systems: A review of the literature. *Computers & Education*. Pergamon. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.001>
- Kazemi, F., & Rafiepour, A. (2018). Developing a Scale to Measure Content Knowledge and Pedagogy Content Knowledge of In-Service Elementary Teachers on Fractions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(4), 737–757. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9792-0>
- Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2–10. <https://doi.org/10.1007/BF02905780>
- Keller, J. M. (2008). First principles of motivation to learn and e 3 -learning. *Distance Education*, 29(2), 175–185. <https://doi.org/10.1080/01587910802154970>
- Lamon, S. J. (2006). *More In-Depth Discussion of the Reasoning Activities in “Teaching Fractions and Ratios for Understanding.”* Routledge. Retrieved from <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uhKT0rjy7AoC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Lamon,+S.J.+Teaching+Fractions+and+Ratios+for+Understanding,&ots=zY2OSuOY8u&sig=CnBH8oAqkv8qTJIyaK1z1N-NOLc#v=onepage&q=Lamon%252C+S.J.+Teaching+Fractions+and+Ratios+for+Understanding%25>
- Larsson, J. A., & White, B. (2014). *Learning Analytics*. (J. A. Larsson & B. White, Eds.). New York, NY: Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7>
- Li, K., & Keller, J. M. (2018). Use of the ARCS model in education: A literature review. *Computers & Education*, 122, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.019>
- Liu, C., Chen, S., Chi, C., Chien, K.-P., Liu, Y., & Chou, T.-L. (2017). The Effects of Clickers With Different Teaching Strategies. *Journal of Educational Computing Research*, 55(5), 603–628. <https://doi.org/10.1177/0735633116674213>
- Lodge, J. M., & Corrin, L. (2017). What data and analytics can and do say about effective learning. *Npj Science of Learning*, 2(1), 5. <https://doi.org/10.1038/s41539-017-0006-5>
- Loorbach, N., Peters, O., Karreman, J., & Stehouder, M. (2015). Validation of the Instructional Materials Motivation Survey (IMMS) in a self-directed instructional setting aimed at working with technology. *British Journal of Educational Technology*, 46(1), 204–218. <https://doi.org/10.1111/bjet.12138>
- Martin, T., Petrick Smith, C., Forsgren, N., Aghababian, A., Janisiewicz, P., & Baker, S. (2015). Learning Fractions by Splitting: Using Learning Analytics to Illuminate the Development of Mathematical Understanding. *Journal of the Learning Sciences*, 24(4), 593–637. <https://doi.org/10.1080/10508406.2015.1078244>
- Mayer, R. E., Stull, A., DeLeeuw, K., Almeroth, K., Bimber, B., Chun, D., ... Zhang, H. (2009). Clickers in college classrooms: Fostering learning with questioning methods in large lecture classes. *Contemporary Educational Psychology*, 34(1), 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2008.04.002>

- Mazur, E. (1997). Peer instruction: Getting students to think in class. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 399, pp. 981–988). AIP. <https://doi.org/10.1063/1.53199>
- Mor, Y., Ferguson, R., & Wasson, B. (2015). Editorial: Learning design, teacher inquiry into student learning and learning analytics: A call for action. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 221–229. <https://doi.org/10.1111/bjet.12273>
- Papamitsiou, Z., & Economides, A. A. (2014). Learning Analytics and Educational Data Mining in Practice: A Systematic Literature Review of Empirical Evidence. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 49–64. <https://doi.org/10.2307/jeductechsoci.17.4.49>
- Post, M. J., Behr, T., Lesh, G., & Harel, R. (1993). Rational Numbers: Toward a Semantic Analysis - Emphasis on the Operator Construct. (T. Carpenter, E. Fennema, & T. Romberg, Eds.), *Rational numbers: An integration of research*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Riedel, E., & Lynch, L. A. (2013). The Effect of Clickers on Math Achievement in 11 th Grade Mathematics. Retrieved from <https://search.proquest.com/openview/41e856473983cac8996535665107402b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Romero, C., Ventura, S., & García, E. (2008). Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial. *Computers & Education*, 51(1), 368–384. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.05.016>
- Ruipérez-Valiente, J. A., Muñoz-Merino, P. J., Leony, D., & Delgado Kloos, C. (2015). ALAS-KA: A learning analytics extension for better understanding the learning process in the Khan Academy platform. *Computers in Human Behavior*, 47, 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.07.002>
- Siemens, G., & Baker, R. S. J. d. (2012). Learning analytics and educational data mining. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge - LAK '12* (p. 252). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330661>
- Simelane, S., & Skhosana, P. M. (2012). Impact of clicker technology in a mathematics course. *An International Journal*, 4(3). Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1955098248?pq-origsite=gscholar>
- Steinberg, J. (2010). More professors give out hand-held devices to monitor students and engage them. *The New York Times*, 15. Retrieved from <http://www.hadassah.org.il/media/1904189/moreprofessorsgiveouthandhelddevicestomonitorstude.pdf>
- Tempelaar, D. T., Rienties, B., & Giesbers, B. (2015). In search for the most informative data for feedback generation: Learning analytics in a data-rich context. *Computers in Human Behavior*, 47, 157–167. <https://doi.org/10.1016/J.CHB.2014.05.038>
- van den Berg, M., Harskamp, E. G., & Suhre, C. J. M. (2016). Developing classroom formative assessment in dutch primary mathematics education. *Educational Studies*, 42(4), 305–322. <https://doi.org/10.1080/03055698.2016.1193475>
- Wang, Y., Chung, C.-J., & Yang, L. (2014). Using Clickers to Enhance Student Learning in Mathematics. *International Education Studies*, 7(10), 1. <https://doi.org/10.5539/ies.v7n10p1>
- Zhang, X., Clements, M. A. (Ken., & Ellerton, N. F. (2015). Conceptual mis(understandings) of fractions: From area models to multiple embodiments. *Mathematics Education Research Journal*, 27(2), 233–261. <https://doi.org/10.1007/s13394-014-0133-8>
- Zhao, C.-M., & Kuh, G. D. (2004). Adding Value: Learning Communities and Student Engagement. *Research in Higher Education*, 45(2), 115–138. <https://doi.org/10.1023/B:RIHE.0000015692.88534.de>

Anexo 1: Herramienta matemática

1. Si  representa los $\frac{2}{3}$ de un conjunto de canicas, dibuja el conjunto completo de canicas:

2. ¿Cuál de los siguientes corresponde a $\frac{2}{3}$?

(a)  (b)  (c) 

D) Toma un conjunto de objetos dividido en tres partes iguales y toma dos objetos

3. Sombrea $\frac{1}{2}$ de este triángulo:






Figura 6. Primera página del test matemático.

4. José y María están preparando zumo de naranja para una fiesta. Abajo se muestran las dos recetas que están usando. ¿En cuál de los dos el zumo sabe más a naranja?

Receta de José: Dos tazas de zumo de naranja por cinco tazas de agua.
 Receta de María: Cuatro tazas de zumo de naranja por ocho tazas de agua.

5. ¿Quién come más pizza?

a) 

b) 

6. Sin realizar ninguna operación, decide si esta afirmación es correcta "Si dividimos un número entre cuatro y después multiplicamos su resultado por 3 nos dará el mismo resultado que si lo multiplicamos por $\frac{3}{4}$ ".

7. El siguiente diagrama representa una máquina cuya salida devuelve $\frac{2}{3}$ de la entrada. ¿Cuál será la salida, si su entrada es 12?

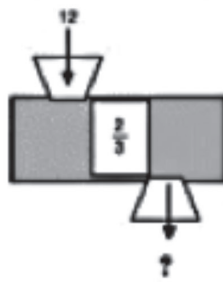


Figura 7. Segunda página del test matemático

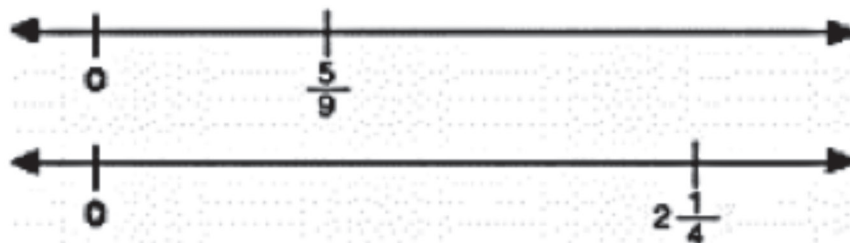
8. En la fiesta de cumpleaños de Andrea, $\frac{3}{4}$ de los niños no quisieron comer dulce. ¿Cuántos niños comieron dulces si había 8 niños?

9. Decide si la siguiente afirmación es correcta o no: " $\frac{2}{3}$ es igual al cociente de la división de dos dividido entre 3"

10. Tres pizzas van a ser divididas equitativamente entre cuatro niños. ¿Cuánta pizza comerá cada niño?

11. Tres pizzas van a ser divididas equitativamente entre algunos niños. Si cada niño recibe $\frac{3}{5}$ de pizza ¿Cuántos amigos están juntos?

12. Localiza el número uno en cada una de las siguientes líneas.



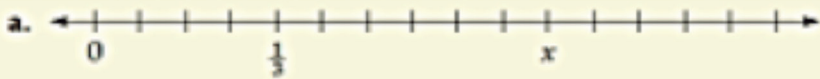
13. Escribe una fracción que aparezca entre el $\frac{1}{8}$ y el $\frac{1}{9}$.

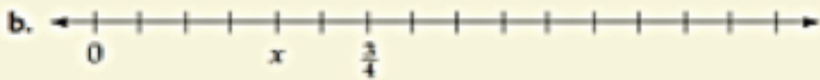
Figura 8. Tercera página del test matemático.

14. ¿Cuál de los siguientes elementos son números? Rodéalos.

A 4 * 1,7 16 0,006 $\frac{2}{5}$ 47,5 $\frac{1}{2}$ \$ $1\frac{4}{3}$

15. ¿Qué valor tiene X en cada una de las rectas?



a. 

b. 

16. Encuentra el número perdido en cada caso:

(a) $\frac{2}{3} = \frac{?}{12}$, (b) $\frac{25}{40} = \frac{5}{?}$

17. Usa el diagrama de la derecha para representar una fracción equivalente a la representada a la izquierda:

18. Pedro llegó a casa después de la escuela un día y descubrió que su madre había dejado dinero para él y sus hermanas. Pedro cogió $\frac{1}{3}$ del dinero. Cuando su hermana María llegó a casa, cogió $\frac{1}{3}$ del dinero restante, y cuando Ana llegó a casa, recoge las $\frac{3}{4}$ del dinero que queda para los niños. Cuando su madre llegó a casa, había 5 euros. ¿Cuánto dinero coge cada niño? ¿y cuánto dinero había al principio?

19. Rafa sale a correr 4 días a la semana. Corre $1\frac{1}{2}$ kilómetros por la mañana y $1\frac{1}{2}$ kilómetros antes de dormir. ¿Cuántos kilómetros corre a la semana?

Figura 9. Cuarta página del test matemático.

