

## INTEGRATING DIGITAL RESOURCES TO THE DOCUMENTATION SYSTEM OF A MATHEMATICS TEACHER IN A MEXICAN RURAL PRIMARY-SCHOOL

### INTEGRACIÓN DE RECURSOS DIGITALES AL SISTEMA DOCUMENTAL DE UNA PROFESORA DE MATEMÁTICAS EN UNA PRIMARIA RURAL DE MÉXICO

Homero Enríquez-Ramírez  
Cinvestav, México  
homero.enriquez@cinvestav.mx

Ana Isabel Sacristán  
Cinvestav, México  
asacrist@cinvestav.mx

*Resources play an important role in how subjects act and think. Teachers, throughout their professional career, develop ways of teaching mathematics —articulated by the organization and type of activities that guide their class, the resources they use and their forms of intervention; these are modified when a new resource is integrated. In this paper we present evidence of this phenomenon using the case study of a teacher who, as a result of her participation in a professional development course that we implemented, integrated digital resources into her documentation work, destabilizing her previous forms of teaching.*

Keywords: Elementary School Education, Technology, Teaching Tools and Resources, Teacher Education – In service / Professional Development

### Introduction

Although, in this digital age, the integration of digital technological (DT) resources into the teaching of mathematics is a social and pedagogical necessity (Sunkel, Trucco & Espejo, 2014), there are deficiencies in some sectors of the Mexican basic education system (Enríquez & Sacristán, 2017, 2019). In fact, DTs are given very little importance in primary-school teacher training (as can be seen in the syllabus of the official primary-school teacher training programs –SEP, 2018). In this report we present part of a study that looks at how primary school teachers in a rural area of Mexico, and who took part in a professional development (PD) course, integrate digital resources into their mathematics teaching. The study uses the Documentational Approach to Didactics or DAD (Gueudet & Trouche, 2009, 2012), to investigate the following question: *When teachers integrate digital resources into their teaching practice, what changes occur in the design and implementation of their mathematics classes, that is, in their documentation system*<sup>1</sup>?

### The Documentational Approach to Didactics (DAD)

The DAD studies teachers' practice and their professional development by looking at their interaction with the resources they use (select, adapt, review, reorganize) for teaching mathematics (Gueudet & Trouche, 2009, 2012). The resources they use, are integrated into a resource system (SR). The documentation work is the set of interactions of the teacher with their SR, "within processes where design and enacting are intertwined" (Gueudet & Trouche, 2012, p. 24). This documentation work produces documents, which are composed of recombined resources and the usage schemes associated with them; a teacher's set of documents is their documentation system (Gueudet & Vandebrouck, 2011). Throughout a teacher's professional career, their documentation system evolves as they work and experiment with old and new resources. Thus, the teacher's documentation work reveals their professional development, that is, the evolution of their practice, knowledge and beliefs (Gueudet & Trouche, 2012).

---

<sup>1</sup> "Documentation system" is defined further below.

## Methodology

This report is part of a larger research that has included: a diagnostic study to investigate teachers' previous training in the use of DT and their access to these resources; an intervention phase, where we implemented a PD course for the integration of digital resources for teaching mathematics, to teachers who had participated in the diagnostic study; and an inquiry phase into the documentation work of the participating teachers when integrating DT into their practice. In the study, 67 teachers from 10 primary schools in a rural region of the Mexican state of Oaxaca, participated in the diagnostic study; these teachers in their majority, had little training in the use of DT for teaching mathematics; their use of DT in their practice was scarce; and their access to digital equipment was limited –because schools lack hardware and school policies limit the use of what little is available (Enríquez & Sacristán, 2017, 2019). This information was considered, in the intervention phase, for the design of the PD course aimed at promoting the integration of DT for mathematics teaching. The 67 teachers who participated in the diagnostic study were invited to participate in the course and associated study; 15 of them accepted. The PD course lasted 5 months (6 hours per week). It was based on theoretical models on teacher knowledge (Shulman, 1986; Ball, et al., 2008, Thomas & Palmer, 2014). It was also based on the experiences of the EMAT program for teaching mathematics in middle schools (Sacristán and Rojano, 2009) and used some of its materials (the Logo software and accompanying didactic guidelines –Sacristán, 2005; Sacristán & Esparza, 2005).

**The PD course.** It consisted of 3 modules, each focused on studying a certain DT resource – respectively, miscellaneous applets and interactive apps, Geogebra and Logo. The tasks of each module were presented in 4 stages: (i) The study of the resource; (ii) the design of mathematics lesson plans integrating the digital resources studied in the course; (iii) the implementation of the designed classes; and, (iv) group reflections on the implementation experiences.

**Data collection.** In order to study the changes in the participants' documentation systems, we used: (i) initial interviews of the teachers, and subsequent ones after each implementation of their lessons using DT; (ii) the lesson plans designed by the teachers during the course; (iii) in-class observations of the implementations of the designed lessons; (iv) the teachers' presentations of their class experiences, which they shared, during the PD course, with their colleagues.

We now present data from a teacher, Nohelia, who was a participant in the study.

### The case of Nohelia

**Nohelia's profile.** This teacher has a bachelor's degree in primary education, with a master's degree in the development of teaching competencies, and she has also taken various DP courses, including one in mathematics and computing. At the beginning of the study, she had 9 years of teaching experience, and was in charge of the 5th grade in a rural primary school; her school had a computer lab with 18 units, a portable video projector, and the old hardware from Enciclomedia (SEP, 2012) –a computer, an electronic whiteboard and another projector.

### Changes in the documentation system (DS) of Nohelia

Based on the data from the initial interview with Nohelia, we determined her initial documentation system (DS) –the resources, and how she used them, for her mathematics lessons, before the study. This DS changed after she participated in the DP course, when she integrated the studied DT resources to her practice. Nohelia's initial DS included several documents —e.g., activities to introduce topics, or to strengthen students' knowledge (or to help her students overcome weaknesses)– each with specific resources. Her initial DS (see Table 1) structured her lessons in four stages: (1) a reviewing previous knowledge, (2) sharing knowledge with the whole group, (3) developing a new topic, and (4) assessment.

**Table 1. The documentation systems (DS) of Nohelia**

Stage	Activity	Aim	Resources	Teacher's actions
<b>Initial DS (without DT)</b>				
1	Solve problems in teams	Assess and review previous knowledge	Official activities and guidelines; Printed materials. Internet. The children's settings. Stories.	Following the resolution processes
2	Share solutions (whole group)	Deal with weaknesses and reinforce knowledge	Children's solutions Videos and concrete materials Exercises and problems	Guides Sets exercises Uses resources Decides problems for M3
3	Solve problems individually	Promote an expected learning	Official activities and guidelines; Printed materials. Internet. The children's settings. Stories.	Guides Deals with difficulties Sets problems
4	Solve textbook tasks	Assess the learning	Textbook	Guides. Assesses. Closes theme.
<b>DS1: "Capacity measures [of liquid containers]" interactive app</b>				
1	Pose questions on liquid volumes (liter, milliliter)	Assess and review previous knowledge	Questions	Pose questions & assess answers
2	Solve in teams problems on capacity of liquid containers	Promote an expected learning	Bottles, pails. Worksheet.	Guides
3	Solve individually problems on capacity of liquid containers	Promote an expected learning	"Capacity measures" App. Official activities. Worksheet.	Guides Deals with difficulties
4	Solve textbook tasks	Assess the learning	Textbook	Guides. Assesses. Closes theme.
<b>DS2: Heights of triangles with GeoGebra</b>				
1	Build triangles in teams (to describe characteristics)	Assess and review previous knowledge	Tangram Geometry set Colored pens and paper	Assess students' descriptions
2	Recognize the height of a triangle (individually)	Assess and review previous knowledge	Geometry set Pen and paper	Guides Reinforces knowledge
3	Solve individually the GeoGebra activity on heights of triangles	Promote an expected learning	<b>GeoGebra</b> Official activities. Worksheet	Guides Deals with difficulties
4	Solve textbook tasks	Assess the learning	Textbook	Guides. Assesses. Closes theme.
<b>DS3: Constructing polygons with Logo</b>				
1	Team game (characteristics of regular and irregular polygons)	Assess and review previous knowledge	Polygon bingo game Polygon comparison table	Designed and showed a comparison table of polygon characteristics
2	Draw regular polygons (individually)	Promote an expected learning	Geometry set Pen and paper	Guides
3	Construction of polygons with Logo (in pairs & individually)	Promote an expected learning	<b>Logo</b> Worksheet	Guides Deals with difficulties

In Nohelia's initial DS, according to the initial interview, the following aims and resources (shown in italics) were included at each stage: **Stage 1** (reviewing previous knowledge) and **Stage 3** (developing a new topic) both focused on having children solve tasks, with the difference that in Stage 1, the aim was to make a *diagnosis* of children's knowledge, through their problem-solving activity work in teams; while in Stage 3, the Stage 1 *results* (another resource in itself) are taken into account for posing tasks on which students work individually. Nohelia designed the tasks using the following resources: (i) the *curricular aims of the study program*, (ii) *materials* from the Ministry of Education's *teacher activity books* (SEP 1994); (ii) *didactic guidelines* from the teacher activity books, or purchased or found on the Internet; (iii) fragments of stories, adapted to the context of the students, to motivate and interest them. The problems to be solved were presented as *printed materials* or projected on *slides*. Between Stages 1 and 3, in **Stage 2** (sharing knowledge with the whole group), the student teams' shared their solutions to the initial tasks, and the teacher guided the discussions and strengthened skills (e.g., arithmetic ones), through *exercises*, *videos* and *concrete materials*, before moving on to the individual problem solving activity (Stage 3). Finally, in **Stage 4** (assessment), she used the official *textbook* and *program of study* as resources for assessing the expected learning. Additionally, other resources that influenced her entire lesson plan were the *program of study*, *colleagues' experiences*, *courses* taken, and *didactic literature*.

That initial DS was modified as a result of the PD course, where Nohelia designed three lessons integrating, respectively, the use of some of the proposed digital resources, giving rise to a new DS

for each class (see Table 1): In DS1, situations were proposed to find the quantity of milk comparing containers in three different scenarios, "at home", "in the stable" and in a "processing plant", using an interactive app called "Capacity measurements". In DS2, Geogebra was used to design –based on a task from the teacher activity book– triangles where a spider has to descend from one vertex to the opposite base in order to trace their heights. And in DS3, Logo was used to construct polygons. The DS1 and DS2 lessons were carried out by Nohelia in her classroom with a computer and projector, and the DS3 lesson, in the media room.

For each new DS, Stage 1 still had as purpose to review the previous knowledge needed for the new topic; however, instead of posing a task, children were asked oral and written questions, and given games to play. In Stage 2, instead of being one in which knowledge was shared, the teacher posed other tasks: for DS1, she asked children to compare containers of different capacities (liters and milliliters), similar to what is included in the interactive app; in DS2, she used complementary tasks to those posed in Stage 1, in order to review student's previous knowledge about triangles, particularly in terms of the heights the triangles; and in DS3, the teacher and students drew regular polygons on the blackboard in order to analyze their sides and angles. In Stage 3, the aim of developing the new topic was kept, using worksheets to pose tasks, the solutions of which were discussed as a whole group, but adapted in the following ways: in DS1 and DS3, the DT resources replaced those that the teacher originally used, in order to select, design and implement the tasks. In DS2, the DT resource (Geogebra) was used in combination with one of the original resources (a task from the teacher activity book). In DS3, the use of Logo led to study the content in another way, in terms of the Turtle Geometry context, which required thinking of the angles as turns; it was thus necessary to become aware that these did not correspond to internal angles. Finally, **Stage 4** continued to focus on children solving tasks from the textbook, in order to assess their learning (except in DS3, where Stage 4 was no longer carried out, because it was not possible to coordinate the Logo tasks with the curricular content).

### Final remarks

In the case presented, we observed that the integration of digital resources, as well as the training (the PD course), generated modifications to the teacher's document system, causing: resources to be substituted, or used in combination to previous ones (i.e., in DS2); for the topic's tasks (and worksheets) to be designed ad hoc by the teacher, instead of taken from other sources; and for some activities that the teacher used to carry out (such as assessing the solutions to the tasks), being done by the software. Each digital resource presented new possibilities (in terms of implementation, knowledge and even motivation), as well as some limitations: The interactive app was easy to use and was adapted to the curricular content, although the learning tasks were restricted to what was proposed in it; GeoGebra was difficult to use, but allowed the teacher to design her own digital material, according to her interests and the curricular content; and Logo brought about more drastic changes to the initial DS of Nohelia, because it modified how the curricular content was approached.

These experiences show how the integration of digital resources into the DS of teachers is a complex but necessary task: it demands, in order to have meaningful DT integration, the collaboration of teachers, trainers, researchers and authorities, as well as access to hardware, with a development of teachers' pedagogical technology knowledge (PTK) (Thomas & Palmer, 2014), as we attempted to achieve through the PD course.

### References

- Ball, D., Thames, M., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>

- Enríquez, H. & Sacristán, A.I. (2017). Acceso y Uso de Tecnologías Digitales para la Enseñanza de las Matemáticas. *Memorias del Seminario Nacional de Tecnología Computacional en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Matemáticas 2017*. Pátzcuaro, Michoacán, México
- Enríquez, H. & Sacristán, A.I. (2019a). La Orquestación y Uso de la Tecnología Digital en la Enseñanza de las Matemáticas en la Escuela Primaria: el caso de algunos profesores de la Región Mixteca de Oaxaca. *Memorias del Seminario Nacional de Tecnología Computacional en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Matemáticas 2019*. Chetumal, Quintana Roo, México.
- Enríquez, H. & Sacristán, A.I. (2019b). Cómo Profesores de Primaria Enseñan Matemáticas con Tecnología Digital: Dos Estudios de Caso de una Zona de Oaxaca. *5º Coloquio de Doctorado en Matemática Educativa*. Mexico City, Mexico: DME-Cinvestav.
- Gueudet, G. (2019). Studying Teachers' Documentation Work: Emergence of a Theoretical Approach. En L. Trouche, G. Gueudet, & B. Pepin (Eds.), *The «Resource» Approach to Mathematics Education* (pp. 17-42). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20393-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20393-1_2)
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), 199-218. <https://doi.org/10.1007/s10649-008-9159-8>
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2012). Teachers' Work with Resources: Documentational Geneses and Professional Geneses. En G. Gueudet, B. Pepin, & L. Trouche (Eds.), *From Text to «Lived» Resources* (pp. 23-41). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-1966-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1966-8_2)
- Gueudet, G., & Vandebrouck, F. (2011). Technologies et évolution des pratiques enseignantes: Études de cas et éclairages théoriques. *Recherches en didactique des Mathématiques*, 31(3), 71-314.
- Sacristán, A.I. (2005). *Programación Computacional para Matemáticas de Nivel Secundaria – Libro de Notas para el Maestro, Complemento al libro del alumno*. Programa EMAT. México: SEP.
- Sacristán, A.I. & Esparza, E. (2005). *Programación Computacional para Matemáticas de Nivel Secundaria - Libro de Actividades para el Alumno*. Programa EMAT. México: SEP.
- Sacristán, A. I., & Rojano, T. (2009). The Mexican National Programs on Teaching Mathematics and Science with Technology: The Legacy of a Decade of Experiences of Transformation of School Practices and Interactions. In A. Tatnall & A. Jones (Eds.), *Education and Technology for a Better World* (Vol. 302, pp. 207-215). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-03115-1\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-642-03115-1_22)
- SEP (1994). *Fichero. Actividades didácticas. Matemáticas quinto grado*. SEP. México. ISBN 970-18-72-01-5
- SEP (2012) *Libro blanco. Programa Enciclomedia*. <https://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/2959/4/images/LB%20Enciclomedia.pdf>
- SEP (2018) *Programa del curso Aritmética. Números Naturales*. Licenciatura en Educación Primaria. Plan de estudios 2018. Ciudad de México: SEP. <https://www.cevie-dgespe.com/documentos/1104b.pdf>
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Sunkel, G., Trucco, D., & Espejo, A. (2014). La integración de las tecnologías digitales en las escuelas de América Latina y el Caribe: una mirada multidimensional. Cepal. <http://repositorio.minedu.gob.pe/handle/123456789/3120>
- Thomas, M. O. J., & Palmer, J. M. (2014). Teaching with Digital Technology: Obstacles and Opportunities. En A. Clark-Wilson, O. Robutti, & N. Sinclair (Eds.), *The Mathematics Teacher in the Digital Era* (Vol. 2, pp. 71-89). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1_4)
-

## INTEGRACIÓN DE RECURSOS DIGITALES AL SISTEMA DOCUMENTAL DE UNA PROFESORA DE MATEMÁTICAS EN UNA PRIMARIA RURAL DE MÉXICO

### INTEGRATING DIGITAL RESOURCES TO THE DOCUMENTATION SYSTEM OF A MATHEMATICS TEACHER IN A MEXICAN RURAL PRIMARY-SCHOOL

Homero Enríquez-Ramírez  
Cinvestav, México  
homero.enriquez@cinvestav.mx

Ana Isabel Sacristán Rock  
Cinvestav, México  
asacrist@cinvestav.mx

*Los recursos juegan un papel importante en la manera de actuar y pensar de los sujetos. Los profesores, a lo largo de su trayectoria profesional, han construido formas de enseñanza de las matemáticas —articulados por la organización y tipo de actividades que guían la clase, los recursos que utilizan y sus formas de intervención— que se ven modificados cuando un nuevo recurso es integrado. Aquí presentamos evidencias de este fenómeno a partir del caso de una profesora quien, al participar en un curso de desarrollo profesional que implementamos, integró recursos digitales en su trabajo documental, desestabilizando sus formas previas de enseñanza.*

Palabras clave: Educación Primaria, Tecnología, Herramientas y recursos docentes, Capacitación docente / Desarrollo Profesional

### Introducción

Aunque, en esta era digital, la integración de recursos digitales en la enseñanza de las matemáticas es una necesidad social y pedagógica (Sunkel, Trucco & Espejo, 2014) se observan carencias en sectores de la educación básica en México (Enríquez & Sacristán, 2017, 2019). De hecho, el uso de tecnologías tiende a no ser casi considerado en la formación docente (e.g., ver el perfil de egreso para profesor de educación primaria –SEP, 2018). En este reporte presentamos parte de una investigación que indaga cómo profesores de escuelas primarias de Oaxaca participantes en un curso de desarrollo profesional (DP), integran recursos digitales en su enseñanza de las matemáticas. El estudio utiliza la Aproximación Documental de lo Didáctico o ADD (Gueudet & Trouche, 2009, 2012), para responder la pregunta: *¿Cuándo los profesores participantes integran recursos digitales a su práctica docente, ¿qué cambios se dan en el diseño e implementación de sus clases de matemáticas, o sea, en su sistema documental<sup>2</sup>?*

### La aproximación documental de lo didáctico (ADD)

La ADD estudia la práctica del profesor y su desarrollo profesional a partir de su interacción con los recursos que utiliza (selecciona, adapta, revisa, reorganiza) para la enseñanza de las matemáticas (Gueudet & Trouche, 2009, 2012). Los recursos se integran en un sistema de recursos (SR). El conjunto de interacciones y procesos con el SR, donde se articulan diseño y puesta en práctica, conforman el *trabajo documental* (Gueudet & Trouche, 2012) del profesor. A través del trabajo documental se producen, *documentos* integrados por recursos recombinados y esquemas asociados de utilización; el conjunto de documentos de un profesor es su *sistema documental* (Gueudet & Vandebrouck, 2011). A lo largo de la trayectoria profesional del profesor, su sistema de documentos va evolucionando, al trabajar y experimentar con viejos y nuevos recursos. Así, el trabajo documental del profesor da cuenta de su desarrollo profesional, es decir, de la evolución de su práctica, conocimiento y creencias (Gueudet & Trouche, 2012).

---

2 “Sistema documental” se define más abajo.

## Metodología

Este reporte se enmarca en una investigación que ha consistido en: un estudio diagnóstico para indagar las condiciones de formación de los profesores y de acceso a recursos digitales; una fase de intervención, donde se implementó un curso de DP a profesores participantes en el estudio diagnóstico, para la integración de recursos digitales en la enseñanza de las matemáticas; y una fase de indagación del proceso de integración de recursos digitales de los participantes, a partir del seguimiento de su trabajo documental. En el estudio diagnóstico participaron 67 profesores de 10 escuelas primarias de la región Mixteca del estado de Oaxaca, México, quienes carecían de formación sobre el uso de tecnología digital (TD) para la enseñanza de las matemáticas hacían uso limitado de TD en su práctica, y su acceso a equipo digital era limitado –debido a un pobre equipamiento de las escuelas y a políticas escolares que limitaban su uso (Enríquez & Sacristán, 2017, 2019). Esta información se tomó en cuenta para el diseño del curso, en la fase de intervención, de DP para la integración de TD a la práctica docente de matemáticas. Se invitó a los 67 profesores participantes en el estudio diagnóstico a participar en el curso y estudio asociado; 15 de ellos aceptaron. El curso de DP duró 5 meses (6 horas semanales). Se fundamentó en modelos teóricos sobre el conocimiento base del profesor (Shulman, 1986; Ball, et al., 2008, Thomas & Palmer, 2014). También utilizó la experiencia del programa EMAT (Sacristán y Rojano, 2009) y algunos de sus materiales (el software Logo y las guías didácticas para uso – Sacristán, 2005; Sacristán & Esparza, 2005).

**El curso.** Consistió de tres módulos, cada uno dedicado al estudio de cierto tipo de recursos TD – respectivamente, applets e interactivos diversos, Geogebra y Logo. Las actividades de cada módulo se desarrollaron en un ciclo de 4 momentos: (i) El estudio de los recursos digitales; (ii) el diseño de planes de clases de matemáticas integrando el uso de los recursos estudiados; (iii) la implementación de las clases diseñadas; y (iv) la reflexión grupal de las experiencias.

**La recolección de datos.** Para indagar los cambios en los sistemas documentales de los participantes recurrimos a: (i) entrevistas iniciales a los profesores, así como posteriores a la implementación de cada una de sus clases con TD; (ii) los planes de clase diseñados por los profesores durante el curso; (iii) observaciones de las clases diseñadas; (iv) las presentaciones de sus experiencias de clase, compartidas con sus colegas del curso.

Ahora presentamos datos de una profesora, Nohelia, participante en el estudio.

### El caso la profesora Nohelia

**Perfil de la profesora.** Nohelia es licenciada en educación primaria con una maestría en desarrollo de competencias docentes, y ha tomado distintos cursos de DP, entre ellos de matemáticas y de computación. Al inicio del estudio, tenía 9 años de experiencia docente, y estaba a cargo del grado 5° en una escuela primaria rural, donde se cuenta con un aula de medios con 18 computadoras, un proyector portátil, y un viejo equipo de Enciclomedia (SEP, 2012) –computadora, pizarrón electrónico y otro proyector.

### Los cambios en el sistema documental (SD) de la profesora Nohelia

A partir de los datos de la entrevista inicial a Nohelia, determinamos su sistema documental (SD) inicial –recursos y formas de uso para su clase de matemáticas— al principio del estudio. Este SD cambió a partir del curso, cuando integró los recursos digitales estudiados a su práctica. El SD inicial de Nohelia incluía varios documentos —e.g., actividades de orientación, o de reforzamiento (para ayudar a sus alumnos a superar debilidades) —cada uno con recursos específicos. Su SD inicial (ver Tabla 1) orientaba la totalidad de su clase, en cuatro momentos: (1) repasar conocimientos previos, (2) socialización de conocimientos, (3) desarrollo del tema y (4) evaluación.



**Tabla 1. Los sistemas documentales (SD) de Nohelia con sus momentos (M)**

M	Actividad	Objetivo	Recursos	Acciones del profesor
<b>SD Inicial (sin recursos TD)</b>				
1	Resolución de problemas en equipo	Evaluar y repasar conocimientos previos	Fichero. Guía didáctica. Internet. Impresiones. Contexto de los niños. Cuentos.	Seguimiento a los procesos de solución
2	Compartir soluciones en plenaria	Atender debilidades y reforzar conocimientos	Procedimientos de los niños Videos y material concreto Ejercicios y problemas	Orienta Usa recursos Pone ejercicio Decide problemas para M3
3	Resolución de problemas (individual)	Favorecer el aprendizaje esperado	Fichero. Guía didáctica. Internet. Impresiones. Contexto de los niños. Cuentos.	Orienta Atiende dificultades. Implementa problemas
4	Resolución de tareas curriculares	Evaluar el aprendizaje	Libro de texto	Orienta. Evalúa. Cierra el tema.
<b>SD1: Interactivo "Medidas de capacidad"</b>				
1	Planteamiento de preguntas (litro y mililitro)	Evaluar y repasar conocimientos previos	Preguntas	Valora respuestas
2	Resolución de problemas de capacidad (equipo)	Favorecer el aprendizaje esperado	Botellas, cubetas, hoja de trabajo	Orienta
3	Resolución de problemas de capacidad (individual)	Favorecer el aprendizaje esperado	Interactivo "medidas de capacidad". Fichas, hoja de trabajo.	Orienta. Atiende dificultades.
4	Resolución de tareas curriculares	Evaluar el aprendizaje	Libro de texto	Orienta. Evalúa. Cierra el tema.
<b>SD2: Alturas de triángulos con Geogebra</b>				
1	Armar triángulos en equipo (describir sus características)	Evaluar y repasar conocimientos previos	Tangram Juego geométrico Marcadores y papel	Valora descripciones
2	Reconocimiento de alturas del triángulo (individual)	Evaluar y repasar conocimientos previos	Juego geométrico Papel y lápiz	Orienta Refuerza conocimientos
3	Resolución (individual) de actividad sobre alturas de triángulos	Favorecer el aprendizaje esperado	Geogebra Fichero; Hoja de trabajo	Orienta Atiende debilidades
4	Resolución de tareas curriculares	Evaluar el aprendizaje	Libro de texto	Orienta. Evalúa. Cierra el tema.
<b>SD3: Construcción de polígonos con Logo</b>				
1	Juego (características de polígonos regulares e irregulares) en equipo	Evaluar y repasar conocimientos previos	Lotería de polígonos Tabla comparativa de polígonos	Crea y muestra tabla comparativa de características de polígonos
2	Trazo de polígonos regulares (individual)	Favorecer el aprendizaje esperado	Juego geométrico Papel y lápiz	Orienta
3	Construcción en Logo de polígonos (en binas e individual)	Favorecer el aprendizaje esperado	Logo Hoja de trabajo	Orienta Atiende debilidades

En el SD inicial de Nohelia, de acuerdo a la entrevista inicial, se conformaron cada momento con los siguientes propósitos y recursos (mostrados en cursivas): los **momentos 1** (reparar conocimientos previos) y **3** (desarrollo del tema) se centraban ambos en poner a los niños a resolver problemas, con la diferencia que en el Momento 1, se buscaba hacer un *diagnóstico* de lo que sabían los niños, trabajando ellos en equipos; mientras que en el Momento 3, tomando en cuenta los *resultados* del 1 (otro recurso en sí), los alumnos trabajaban individualmente. Nohelia diseñó los problemas a partir de los siguientes recursos: (i) los *objetivos curriculares* del *programa de estudio*, (ii) *actividades* de los "ficheros" de la Secretaría de Educación (SEP 1994); (ii) orientaciones o *guías didácticas* de los ficheros, compradas o halladas en Internet: (iii) fragmentos de *cuentos*, adaptados al contexto de los estudiantes, para motivar e interesarlos. Los problemas se daban *impresos* o proyectados mediante *diapositivas*. Entre esos momentos, en el **momento 2** (socialización de conocimientos), se compartían las soluciones grupales de los niños a los primeros problemas, y la profesora reforzaba habilidades mediante *ejercicios* (e.g., aritméticos), *videos* y *materiales concretos*, antes de pasar a la actividad de resolución individual de otros problemas (Momento 3). Finalmente, en el **momento 4** (evaluación), el *libro de texto* y *programa de estudio* fueron los recursos utilizados para valorar los aprendizajes esperados. Adicionalmente, hay otros recursos que influyen en la totalidad de la clase –



tales como el *programa de estudio*, *experiencias de colegas*, *cursos* que ha tomado, y *bibliografía didáctica*.

Ese SD inicial se modificó a raíz del curso de DP, donde Nohelia diseñó tres clases integrando, respectivamente, el uso de algunos de los recursos digitales propuestos, dando lugar a un nuevo SD para cada clase (ver Tabla 1): En el SD1, se plantean situaciones para hallar la cantidad de leche comparando recipientes en tres escenarios distintos, “en la casa”, “en el establo” y en la “planta procesadora”, usando el interactivo “Medidas de capacidad”. En el SD2, se usó Geogebra para diseñar, basándose en una actividad del fichero, triángulos por los que debía descender una araña desde un vértice hasta la base opuesta para trazar las alturas. Y en SD3 se usaría Logo para construir polígonos. Las clases de los SD1 y SD2 las implementó Nohelia en su salón con una computadora y un proyector, y la del SD3 en el aula de medios.

Para cada nuevo SD, en el **momento 1** se mantiene el propósito de introducir los temas repasando los conocimientos sobre el contenido a trabajar; sin embargo, en lugar de plantear un problema, se hicieron preguntas orales, escritas y juegos. El **momento 2**, en lugar de ser uno de socialización de conocimientos, fue uno para plantear otras situaciones: para el SD1, comparar recipientes de distintas capacidades (litros y mililitros), de manera similar a lo propuesto en el interactivo; en el SD2, actividades complementarias a las del momento 1 para evaluar los conocimientos previos sobre triángulos, en particular sobre sus alturas; y en el SD3, trazos de polígonos regulares para analizar sus lados y ángulos. En los **momentos 3**, se mantuvo el propósito de abordar el contenido mediante hojas de trabajo para plantear problemas, para luego discutir las soluciones en plenaria, con algunas adaptaciones: en los SD1 y SD3, los recursos TD suplieron los que originalmente utilizaba la profesora para seleccionar y diseñar problemas. En el SD2 se combinó el recurso TD (Geogebra) con uno de los recursos originales (una actividad del *fichero*). En el SD3, el uso de Logo llevó a estudiar el contenido de otra manera, en términos del contexto de la Tortuga, pensando en los ángulos como giros, y requirió percatarse que éstos no correspondían a los ángulos internos. Finalmente, los **momentos 4** continuaron siendo la resolución de tareas del libro de texto para evaluar el aprendizaje (excepto en el SD3, donde no se llevó a cabo momento 4, ya que no pudo adaptar la actividad Logo, al contenido curricular).

### Comentarios finales

En el caso analizado, observamos que la integración de recursos digitales, así como la capacitación (el curso DP) generaron modificaciones al sistema documental de la profesora, ocasionando: que se suplieran recursos, o se combinaran (i.e., en el SD2); que las actividades de aprendizaje (hojas de trabajo) del tema no fueran retomadas de otras fuentes, sino construidas por la profesora; que algunas actividades, que la profesora solía llevar a cabo (como el evaluar las respuestas a los problemas), fueran realizadas por el software. Cada recurso digital presentó nuevas posibilidades (en términos de implementación, conocimientos e incluso motivación), así como algunas limitantes: El interactivo fue de fácil manejo y adaptación al contenido curricular, aunque las tareas de aprendizaje se restringían a lo propuesto en éste; GeoGebra resultó de difícil manejo, pero permitió el diseño de material digital propio, de acuerdo al interés de la profesora y al contenido curricular; y Logo originó cambios más drásticos al SD inicial de Nohelia debido a que modificó la manera de estudiar el contenido curricular.

Estas experiencias muestran cómo la integración de recursos digitales, al SD de los profesores, es una tarea compleja pero necesaria: para lograr una integración significativa de las TD, demanda la colaboración de profesores, capacitadores, investigadores y autoridades, requiriendo acceso a equipo digital y de desarrollo del conocimiento pedagógico tecnológico (PTK – Thomas & Palmer, 2014), como se intentó mediante el curso de DP.

## Referencias

- Ball, D., Thames, M., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Enríquez, H. & Sacristán, A.I. (2017). Acceso y Uso de Tecnologías Digitales para la Enseñanza de las Matemáticas. *Memorias del Seminario Nacional de Tecnología Computacional en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Matemáticas 2017*. Pátzcuaro, Michoacán, México
- Enríquez, H. & Sacristán, A.I. (2019a). La Orquestación y Uso de la Tecnología Digital en la Enseñanza de las Matemáticas en la Escuela Primaria: el caso de algunos profesores de la Región Mixteca de Oaxaca. *Memorias del Seminario Nacional de Tecnología Computacional en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Matemáticas 2019*. Chetumal, Quintana Roo, México.
- Enríquez, H. & Sacristán, A.I. (2019b). Cómo Profesores de Primaria Enseñan Matemáticas con Tecnología Digital: Dos Estudios de Caso de una Zona de Oaxaca. *5º Coloquio de Doctorado en Matemática Educativa*. Mexico City, Mexico: DME-Cinvestav.
- Gueudet, G. (2019). Studying Teachers' Documentation Work: Emergence of a Theoretical Approach. En L. Trouche, G. Gueudet, & B. Pepin (Eds.), *The «Resource» Approach to Mathematics Education* (pp. 17-42). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20393-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20393-1_2)
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), 199-218. <https://doi.org/10.1007/s10649-008-9159-8>
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2012). Teachers' Work with Resources: Documentational Geneses and Professional Geneses. En G. Gueudet, B. Pepin, & L. Trouche (Eds.), *From Text to «Lived» Resources* (pp. 23-41). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-1966-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1966-8_2)
- Gueudet, G., & Vandebrouck, F. (2011). Technologies et évolution des pratiques enseignantes: Études de cas et éclairages théoriques. *Recherches en didactique des Mathématiques*, 31(3), 71-314.
- Sacristán, A.I. (2005). *Programación Computacional para Matemáticas de Nivel Secundaria – Libro de Notas para el Maestro, Complemento al libro del alumno*. Programa EMAT. México: SEP.
- Sacristán, A.I. & Esparza, E. (2005). *Programación Computacional para Matemáticas de Nivel Secundaria - Libro de Actividades para el Alumno*. Programa EMAT. México: SEP.
- Sacristán, A. I., & Rojano, T. (2009). The Mexican National Programs on Teaching Mathematics and Science with Technology: The Legacy of a Decade of Experiences of Transformation of School Practices and Interactions. In A. Tatnall & A. Jones (Eds.), *Education and Technology for a Better World* (Vol. 302, pp. 207-215). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-03115-1\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-642-03115-1_22)
- SEP (1994). *Fichero. Actividades didácticas. Matemáticas quinto grado*. SEP. México. ISBN 970-18-72-01-5
- SEP (2012) *Libro blanco. Programa Enciclomedia*. <https://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/2959/4/images/LB%20Enciclomedia.pdf>
- SEP (2018) *Programa del curso Aritmética. Números Naturales*. Licenciatura en Educación Primaria. Plan de estudios 2018. Ciudad de México: SEP. <https://www.cevie-dgespe.com/documentos/1104b.pdf>
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Sunkel, G., Trucco, D., & Espejo, A. (2014). La integración de las tecnologías digitales en las escuelas de América Latina y el Caribe: una mirada multidimensional. Cepal. <http://repositorio.minedu.gob.pe/handle/123456789/3120>
- Thomas, M. O. J., & Palmer, J. M. (2014). Teaching with Digital Technology: Obstacles and Opportunities. En A. Clark-Wilson, O. Robutti, & N. Sinclair (Eds.), *The Mathematics Teacher in the Digital Era* (Vol. 2, pp. 71-89). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1_4)