

ORQUESTACIÓN DOCUMENTACIONAL: HERRAMIENTA PARA LA ESTRUCTURACIÓN Y EL ANÁLISIS DEL TRABAJO DOCUMENTACIONAL COLECTIVO EN LÍNEA¹

Mario Sánchez*

ORCHESTRATION DOCUMENTAIRE : OUTIL POUR LA STRUCTURATION ET L'ANALYSE DU TRAVAIL COLLECTIF DOCUMENTAIRE EN LIGNE

Résumé – Cet article analyse le fonctionnement d'un travail didactique *en ligne* (ou basé sur l'utilisation d'Internet) destiné à des enseignants de mathématiques en activité qui sont inscrits à un programme de formation à distance pour l'enseignement des mathématiques. Le travail demandé exige de la part des enseignants un travail collectif documentaire sur une plateforme virtuelle de travail en collaboration, mais ne demande pas une implémentation en classe. La structure et l'analyse de la tâche correspondante sont basées sur l'application de la notion d'*orchestration documentaire*, qui est un amalgame des concepts d'orchestration instrumentale (Trouche 2004; Trouche 2005a) et de genèse documentaire (Gueudet & Trouche, 2009). Les résultats montrent que le concept d'orchestration documentaire est un outil utile pour guider l'amélioration et la restructuration de la tâche initialement proposée. On montre également que les scénarios de formation en ligne permettent que les idées et les actions des enseignants acquièrent un caractère public et tangible, devenant ainsi de nouvelles ressources pour le travail collectif documentaire des enseignants.

Mots-clés: formation continue des enseignants, orchestration documentaire, Internet, tâche didactique, travail collectif documentaire

ORQUESTACIÓN DOCUMENTACIONAL: HERRAMIENTA PARA LA ESTRUCTURACIÓN Y EL ANÁLISIS DEL TRABAJO DOCUMENTACIONAL COLECTIVO EN LÍNEA

* IMFUFA-NSM, Roskilde University. marios@ruc.dk

¹ Con el apoyo del Programa Alþan, Programa de Becas de Alto Nivel de la Unión Europea para América Latina, beca No. E06D101377MX

Resumen – En este artículo se analiza el funcionamiento de un diseño didáctico *en línea* (o basado en el uso del Internet) dirigido a profesores de matemáticas en servicio que se encuentran inscritos en un programa de maestría a distancia en didáctica de las matemáticas. El diseño didáctico requiere que los profesores realicen trabajo documental colectivo en una plataforma virtual de trabajo colaborativo, pero no solicita implementaciones en clases. La estructuración y análisis del diseño están basadas en la aplicación del concepto de *orquestración documental*, el cual es una amalgama de los conceptos de orquestración instrumental (Trouche, 2004; Trouche, 2005a) y génesis documental (Gueudet & Trouche, 2009). Los resultados muestran que el concepto de orquestración documental es una herramienta útil para orientar el refinamiento y reestructuración del diseño originalmente planteado. También se argumenta que los escenarios de formación en línea favorecen que las ideas y acciones de los profesores adquieran un carácter público y tangible, transformándose así en nuevos recursos para el trabajo documental colectivo de los docentes.

Palabras-claves: Formación continua de profesores, orquestración documental, Internet, diseño didáctico, trabajo documental colectivo

DOCUMENTARY ORCHESTRATION: TOOL FOR THE STRUCTURING AND ANALYSIS OF COLLECTIVE ONLINE DOCUMENTARY WORK

Abstract – This document analyzes the operation of an *online* didactic task (based on the use of the Internet) intended for inservice teachers enrolled in a distance education program for a master's degree in the teaching of mathematics. The didactic task requires that the teachers engage collaboratively in a collective documentary work on a virtual platform, but does not ask them to implement it in class. The structure and analyses of the task are based on the application of the concept of *documentary orchestration*, which is an amalgam of the concepts of instrumental orchestration (Trouche, 2004; Trouche, 2005a) and documentary genesis (Gueudet & Trouche, 2009). The results show that the concept of documentary orchestration is a useful tool to guide the improvement and reorganization of the task as initially proposed. It is also argued that the scenarios of online formation allow the teachers' ideas and actions to acquire a public and tangible character, thus becoming new resources for teachers' collective documentary work.

Key words: continuing education of teachers, documentary orchestration, Internet, didactic task, collective documentary work

INTRODUCCIÓN

La problemática en la que se enmarca este estudio es la del diseño didáctico en la formación *en línea* de profesores de matemáticas: ¿Cómo producir actividades o cursos, basados en el uso de Internet y sus herramientas asociadas, que favorezcan el desarrollo profesional de los docentes de matemáticas?

El diseño siempre ha tenido un rol central en la cultura didáctica francesa (Artigue 2009), sin embargo es posible percibir un creciente interés en otras comunidades de la didáctica de las matemáticas y de las ciencias en general, sobre el desarrollo, implementación y refinamiento de diseños didácticos, y particularmente sobre el rol que juega la teoría en este proceso (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble 2003; Cobb 2007; Ruthven, Laborde, Leach & Tiberghien 2009; Schoenfeld 2009). En el área de la formación de profesores de matemáticas también se ha manifestado el interés de abordar el estudio de las diferentes perspectivas y propuestas relacionadas con el diseño y funcionamiento de tareas en la formación de profesores. Un ejemplo es el número especial del *Journal of Mathematics Teacher Education* 10(4/6), publicado en el año 2007. Otro ejemplo es el libro *Tasks in Primary Mathematics Teacher Education* (Clarke, Grevholm & Millman, 2009).

En el caso particular de la formación en línea de profesores de matemáticas, el proceso del diseño, aplicación y refinamiento de cualquier dispositivo didáctico debería tomar en consideración las restricciones y potencialidades que impone el Internet y sus herramientas. Sin embargo pareciera que, en la comunidad emergente de formadores de profesores de matemáticas en línea, hubiera una tendencia a no problematizar el medio tecnológico en el que desarrollan su trabajo. Al respecto, el estudio ICMI 15 reporta:

Other authors do not emphasize the role of the environment as much [...] the role of the medium is not treated as relevant [...] It can be said that, at this point, some researchers appear to view the Internet as 'transparent', or as not playing any specific role in cognition. For instance, some of the authors view writing in a chat as similar to writing with paper and pencil. (Ponte & al. 2009, p. 205)

A través de este trabajo se pretende fomentar la discusión académica acerca del diseño de tareas en la formación de profesores en línea, y el rol que juega el medio tecnológico en esa empresa. Particularmente, el objetivo de este artículo es el de introducir el concepto de *orquestación documental*. Este concepto se constituye a partir de la aplicación conjunta de los conceptos de *orquestación instrumental*

(Trouche 2005a) y *génesis documental* (Gueudet & Trouche 2009). En el escrito se ilustra y argumenta cómo este concepto puede ser utilizado para estructurar y observar el *trabajo documental colectivo* asociado a un diseño didáctico en línea particular. La observación de dicho trabajo documental colectivo puede proporcionarnos información sobre el funcionamiento del diseño y sobre la dinámica del trabajo documental colectivo en línea.

Los datos empíricos que sustentan la argumentación han sido tomados de un curso en línea para profesores de matemáticas en servicio. El curso forma parte de las asignaturas obligatorias de un programa de maestría a distancia en didáctica de las matemáticas, que se basa en el uso de una plataforma virtual de trabajo colaborativo. El contenido temático de este curso para profesores en servicio, tuvo la finalidad de promover la integración de herramientas computacionales (calculadoras, software matemático) en la enseñanza de las matemáticas, sin embargo, los profesores no fueron observados en clase, ni tampoco se les solicitó que implementaran en sus aulas las actividades exploradas durante el curso. Las observaciones empíricas se restringen al trabajo y las discusiones grupales que los profesores desarrollaron dentro de la plataforma virtual de trabajo.

El diseño del curso está basado en el uso de conceptos y resultados de la investigación en didáctica de las matemáticas. Así, aunque no es el foco central del artículo, este trabajo impulsa la discusión acerca de la manera en que los conceptos en didáctica pueden ser usados en la formación de profesores de matemáticas.

MARCO TEÓRICO

El interés en estudiar el funcionamiento de diseños didácticos en línea para profesores de matemáticas surge debido a mi labor como formador de profesores en ese medio virtual. ¿Cómo producir actividades o cursos en línea que favorezcan el desarrollo profesional de los profesores? ¿qué factores o condiciones en el diseño favorecen que los profesores reflexionen² sobre su práctica, su conocimiento profesional y sus creencias?

En mi esfuerzo por intentar esclarecer las posibles relaciones entre los elementos de un curso o actividad en línea y la emergencia de

² El concepto de reflexión merecería una amplia discusión dada su importancia en la investigación sobre formación de profesores de matemáticas. Dado que no es el foco central de este trabajo, lo definiré brevemente como la consideración consciente y explícita de nuestra práctica profesional, y de los conocimientos y creencias ligados a esa práctica.

reflexiones que pudieran favorecer el desarrollo profesional de los profesores, comencé a estudiar el tipo de interacciones que parecen fomentar ese tipo de pensamiento reflexivo (Sánchez, à paraître). Entonces comencé a notar que, además de los elementos comunicativos e interaccionales, había otros elementos asociados al medio virtual que también influenciaban la manera de pensar, interactuar y trabajar de los profesores. Sin embargo, los conceptos teóricos que estaba utilizando no me permitían capturar la influencia de esos otros elementos.

Así, al familiarizarme con la *aproximación documental* de Gueudet y Trouche (2009), la percibí como una perspectiva teórica adecuada para analizar de manera más sistémica las posibles relaciones entre los elementos de un diseño didáctico en línea y la emergencia de reflexiones en los profesores de matemáticas. En particular, los conceptos teóricos de la aproximación documental me permitieron:

- (1) Conceptualizar a un determinado diseño didáctico como un arreglo o acomodo de recursos, donde los recursos pueden ser de naturaleza distinta (un software particular, una actividad, un colega,...).
- (2) Al analizar los resultados del diseño, reducir mi foco de atención a la manera en que los profesores interactúan con y se apropian de esos recursos, pero también la forma en que esos recursos influyen y moldean las reflexiones, el conocimiento y el trabajo colectivo de los profesores.
- (3) A través del concepto de *trabajo documental*, conceptualizar la interacción en línea de un profesor de una manera más sistémica, que incluya actores humanos y tecnológicos.

Enseguida se introducen algunos de los conceptos teóricos que constituyen la aproximación documental. También se mencionan otros conceptos teóricos que fueron utilizados durante el desarrollo de este trabajo. En la sección metodología se ilustrará la manera en que dichos conceptos han sido aplicados.

1. Sobre el concepto de génesis documental

El trabajo de Gueudet y Trouche (2009) propone una manera de “rastrear” el desarrollo profesional de profesores de matemáticas. Para lograr esto, Gueudet y Trouche sugieren enfocar nuestra atención en las actividades que el profesor de matemáticas desarrolla fuera del salón de clases, pero que influyen su trabajo dentro del aula. El foco de atención se centra particularmente en el *trabajo documental* del profesor; es decir, la interacción del profesor con una serie de elementos que le permiten moldear y definir su trabajo en el salón de clases; por ejemplo, extraer ejemplos y ejercicios de un

libro de texto para sus planes de clase, analizar las producciones matemáticas de sus estudiantes, escuchar las sugerencias e ideas de sus colegas profesores, revisar los contenidos de una página web que contiene materiales educativos, estudiar una reforma curricular que será aplicada en su propia escuela, etc. A este conjunto de elementos con los que un profesor interactúa durante su trabajo documental se denomina *recursos*. Cuando un grupo de profesores participa en un proyecto de trabajo común, en el que comparten el conjunto de recursos con el que interactúan para llevar a cabo dicho proyecto, entonces se puede hablar de un *trabajo documental colectivo* (Gueudet & Trouche 2008a; 2008b).

En esta nueva aproximación se afirma que cuando la interacción entre un profesor y un conjunto de recursos tiene lugar, entonces se puede producir una *génesis documental* (GD). El concepto de GD puede ser considerado como una analogía³ del concepto de génesis instrumental (Rabardel 1995; Trouche 2005b) aplicada al campo de la formación continua de profesores de matemáticas. Al igual que la génesis instrumental, la GD es un proceso bidireccional en el que el profesor se apropia y/o modifica el conjunto de recursos con el que interactúa (esta parte del proceso se denomina *instrumentalización*), pero también los recursos moldean e influyen la actividad y el conocimiento del profesor (esta parte del proceso se denomina *instrumentación*). Es así que a través de una GD el profesor puede desarrollar un *documento* a partir de los recursos con los que interactuó.

Un ejemplo de un documento es el que se presenta en el trabajo de Gueudet y Trouche (2009, p. 205). En este ejemplo la clase de situaciones a la que se enfrenta una profesora de matemáticas es: “propose homework on the addition of positive and negative numbers”. Después de buscar en diferentes recursos como libros de texto o una lista de ejercicios que ella ha utilizado previamente, la profesora construye un nuevo listado de tareas que utiliza en su clase. Este listado de tareas podría ser modificado por la profesora al ver cómo funciona en su salón de clases, e incluso podría ser reutilizado en un nuevo grupo de estudiantes o en el siguiente ciclo escolar. Después de mirar este ejemplo se podría interpretar que el *documento*

³ Se considera una analogía ya que durante la génesis instrumental un individuo interactúa y se apropia de una herramienta, a la vez que la herramienta moldea la forma de pensar y actuar del individuo. Similarmente, en la génesis documental un individuo interactúa y se apropia de un conjunto de recursos, mientras los recursos influyen su manera de pensar y de actuar.

creado por la profesora se reduce al listado de tareas matemáticas que ella produjo, sin embargo un documento no es necesariamente una entidad física.

Un documento es un esquema mental (también llamado *esquema de utilización*) asociado a un conjunto específico de recursos (en el ejemplo anterior, los libros de texto y los listados de ejercicios que la profesora consultó) que guía y determina la acción del profesor en una clase de situaciones dada (proponer tareas sobre la adición de números positivos y negativos), a través de diferentes contextos (el grupo en que ella aplicó el listado de tareas y los posibles futuros grupos o cursos donde podría reutilizar el listado). En el ejemplo previamente citado, el listado de tareas matemáticas es sólo una parte visible del documento que se ha constituido. Existen otros elementos no visibles que guiaron y determinaron la selección y diseño de las tareas que la profesora incluyó en su listado. Esos elementos no visibles son creencias y valores implícitos que impulsan y conducen la acción docente. Gueudet y Trouche (Ibid.) mencionan un ejemplo de esos elementos no visibles: la idea de que “the additions proposed must include the cases of mixed positive and negative numbers, and of only negative numbers”.

Así, un documento está asociado a un conjunto específico de recursos y está integrado por una parte visible y tangible llamada *usos*, y una parte no visible e implícita llamada *invariantes operacionales* (Vergnaud 1998). Un documento puede entonces ser expresado mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Documento} = \text{Recursos} + \underbrace{\text{Usos} + \text{Invariantes Operacionales}}_{\text{ESQUEMA DE UTILIZACIÓN}}$$

El concepto de documento conecta la práctica de un profesor con su sistema de creencias. Más particularmente, Gueudet y Trouche aseguran: “In the approach we develop, change of practice and change of professional knowledge or beliefs are connected [...] thus we consider both as simultaneous processes” (Ibid., p. 201). Esta dependencia entre cambios de práctica y cambios de creencias ha sido reconocida previamente por otros formadores de profesores (por ejemplo Cobb, Wood & Yackel, 1990; Tirosh & Graeber 2003).

2. Sobre el concepto de orquestación instrumental

En el trabajo de Trouche (2005a) se afirma que los esquemas de utilización poseen una dimensión social. El autor cita el trabajo de Rabardel y Samurçay (2001) en el que se señala que los esquemas de utilización son desarrollados y compartidos en comunidades y pueden

ser incluso el resultado de procesos de capacitación explícitos. Es entonces necesario que estos “procesos de capacitación explícitos” sean cuidadosamente diseñados para fomentar el establecimiento o modificación de esquemas de utilización. Es en este punto donde el concepto de *orquestración instrumental* aparece.

El concepto de orquestración instrumental (Trouche 2004; Trouche 2005a; Trouche 2009) surge a partir del reconocimiento de la necesidad de organizar los artefactos disponibles dentro de un ambiente dado, para la puesta en obra de una actividad matemática dada. Una orquestración instrumental está definida por dos elementos:

- a set of *configurations* (i.e. specific arrangements of the artifactual environment, one for each stage of the mathematical situation);
- a set of *exploitation modes* for each configuration. (Trouche 2005a, p. 211)

Trouche (2005a) afirma que los modos de explotación pueden favorecer la producción de *informes de actividad* (activity accounts) y que estos informes pueden ser integrados como nuevas herramientas de enseñanza y aprendizaje. Los informes de actividad son los resultados de una actividad que pueden ser observados por personas distintas a la involucrada en esa actividad (Trouche 2004).

3. Sobre el concepto de orquestración documental

El contexto de la formación de profesores de matemáticas es un escenario en el que la interacción entre los profesores de matemáticas y los recursos no es espontánea. En este tipo de escenarios educativos existe la necesidad de organizar el conjunto de recursos con los que el profesor interactúa, y que tienen el propósito de desarrollar aspectos específicos de su conocimiento profesional. Es aquí donde se encuentra relevante introducir y utilizar el concepto de orquestración documental. Una *orquestración documental* (OD) puede ser definida como un arreglo o acomodo de recursos que un formador de profesores (o un grupo de formadores) lleva a cabo con la intención de facilitar el trabajo documental de los profesores de matemáticas, esperando que éste contribuya al desarrollo del conocimiento profesional de los docentes. En principio, la estructura de una OD debería incluir los dos elementos que definen una orquestración instrumental, a saber, las configuraciones y los modos de explotación.

Mediante la configuración didáctica se da orden y se hace explícita la estructuración de una orquestración. Al identificar claramente cuáles son los elementos o etapas de una orquestración se facilita la identificación de los elementos particulares de un diseño didáctico que influyen y moldean la manera de pensar y de trabajar de los

profesores. Se podría argumentar que es posible estructurar de manera explícita y ordenada el acomodo de los recursos dentro de un diseño particular sin necesidad de utilizar el concepto de OD, sin embargo, este no es un concepto que deba ser considerado de manera aislada. La fortaleza teórica del concepto descansa en su conexión con el concepto de génesis documental. Los procesos de instrumentalización e instrumentación ayudan a esclarecer la manera en que una orquestación es usada y apropiada, pero también nos ayudan a entender el tipo de efectos que ésta produce en el trabajo documental de los profesores.

En la siguiente sección se ilustrará la manera en que el concepto de OD se hizo operacional en este trabajo. Se mencionan algunas características del contexto en el que se aplicó el diseño, y posteriormente se describe el propósito y estructura de éste último.

METODOLOGÍA

1. El contexto de aplicación de la orquestación

La orquestación fue aplicada en un curso perteneciente a un programa educativo en línea para profesores de matemáticas en servicio. Este es un programa⁴ auspiciado por el Instituto Politécnico Nacional de México. El programa ofrece estudios de maestría en didáctica de las matemáticas (dos años de duración) y, debido a que el programa educativo se desarrolla en Internet, se favorece que algunas diferencias geográficas y temporales desaparezcan, permitiendo así que profesores de diferentes regiones de Latinoamérica participen en este programa educativo.

Para implementar los cursos que constituyen este programa educativo se utiliza la plataforma *Moodle* (<http://moodle.org>). Esta es una plataforma de distribución libre y código abierto que permite gestionar cursos, almacenar y compartir diferentes tipos de archivos (por ejemplo de texto, audio y video) y organizar discusiones asincrónicas entre los participantes de un curso dado.

Los datos usados en este trabajo fueron tomados de uno de los cursos que forma parte del plan de estudios de la maestría en didáctica de las matemáticas en la que los profesores se encuentran inscritos. El curso tuvo una duración de cuatro semanas y fue llevado a cabo durante noviembre y diciembre del año 2008. El curso fue atendido

⁴ Más información acerca de este programa educativo puede ser encontrada en www.matedu.cicata.ipn.mx

por cuatro formadores de profesores y catorce profesores de matemáticas provenientes de México y Argentina. El curso fue diseñado por uno de los formadores de profesores que participó en el curso, pero su estructura y contenido fue discutida y consensuada con el resto de los formadores de profesores, antes del inicio del curso y durante su desarrollo.

2. El objetivo principal de la orquestación

El *objetivo principal* de la orquestación aplicada fue hacer conscientes a los profesores de las posibles modificaciones o cambios que las tareas y las técnicas pueden sufrir cuando la tecnología (software, calculadoras, etc.) es introducida en el aula de matemáticas como una herramienta de estudio. Particularmente estábamos interesados en que los profesores notaran que a) nuevas técnicas instrumentadas pueden aparecer, es decir, técnicas que se apoyan en el uso de algún tipo de tecnología; y b) que algunos tipos de tareas y algunas técnicas podrían perder su sentido y volverse obsoletas. Es importante notar que a los profesores no se les solicitó realizar prácticas o experimentos en su propio salón de clases como parte del curso. El trabajo de los profesores en el curso estuvo confinado en la plataforma virtual de trabajo colaborativo.

A lo largo del curso, los términos *tareas* y *técnicas* fueron usados en el sentido de Chevallard (1999). Sin embargo, es importante aclarar que la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) no guarda una relación directa con la orquestación documental. La TAD, pero en particular la noción de praxeología, fue utilizada dentro de este curso por considerar que este modelo ayuda a percibir o evidenciar algunas de las transformaciones y fenómenos didácticos que tienen lugar en un salón de clases de matemáticas cuando en éste se incorpora el uso de algún dispositivo tecnológico como herramienta de estudio. Conceptos como el de tarea y técnica formaron parte del contenido estudiado por los profesores durante el curso (podrían incluso entenderse como *recursos*). La orquestación documental por su parte debe ser concebida como una herramienta de estructuración y análisis de diseños didácticos, que es independiente de los contenidos abordados en los diseños analizados.

Existen *objetivos secundarios* asociados a las diferentes etapas de la orquestación y sus correspondientes modos de explotación. Estos objetivos secundarios son específicos a cada etapa de la orquestación, pero su logro contribuye a la realización del objetivo principal. Para referirme a esos objetivos secundarios es necesario explicitar primero las diferentes etapas que constituyen la orquestación, y cómo estas etapas atienden o contribuyen al logro del objetivo principal.

3. Configuración didáctica y modo de explotación de la orquestación

La configuración está dividida en cinco etapas. Los conceptos de tarea y técnica constituyen la estructura que guía la configuración. La configuración descansa en localizar esos dos elementos en un plan de clase que ha sido diseñado para un escenario basado en el uso de lápiz y papel (etapa 1), para posteriormente discutir y reflexionar sobre la pertinencia de ese plan de clase en un ambiente en el que el uso de tecnología es permitido (etapa 4). Esta discusión acerca de la pertinencia del plan de clase debe efectuarse después de que los profesores hayan experimentado ellos mismos algunas técnicas instrumentadas (etapas 2 y 3), que tienen el propósito de “sensibilizarlos” sobre las potencialidades y limitaciones de las técnicas instrumentadas. La quinta y última etapa de la configuración es una fase de institucionalización que sirve para comunicar de manera explícita los objetivos secundarios de la orquestación. Enseguida se describen con más detalle cada una de estas etapas:

En la **etapa 1** se efectuó una introducción al curso mediante un archivo de texto que se colocó en la plataforma de trabajo. En este archivo se presentó a los profesores el objetivo principal del curso, además de que se les notificó que la estructura del curso estaba basada en el concepto de praxeología. Se utilizó un ejemplo para introducir e ilustrar a los profesores los conceptos de tipos de tareas, técnica, tecnología y teoría.

Después de presentar el documento introductorio, la primera actividad propuesta a los profesores fue identificar un tópico matemático que hayan enseñado o que les guste enseñar. Posteriormente, los profesores debían identificar los tipos de tareas y las técnicas que usualmente presentan a sus estudiantes cuando los introducen a ese tópico matemático. Finalmente, los docentes debían concentrar esta información en un plan de clase. Este plan de clase fue solicitado al inicio del curso para evitar que los contenidos del curso influenciaran la estructura de los planes de clases propuestos.

Se planificó que durante el curso los profesores utilizaran un software matemático con capacidades gráficas y CAS⁵. Se planeó explorar las posibilidades de esas dos aplicaciones como punto de referencia para discutir las posibles modificaciones que sufren las tareas y las técnicas. Los profesores entonces fueron proveídos de un

⁵ CAS son las siglas en inglés para la expresión *computer algebra system*. Un software o una calculadora con CAS permite efectuar cálculos simbólicos con expresiones matemáticas.

software con dichas características. Así, en la **etapa 2** que duró tres días, los profesores estuvieron resolviendo individualmente un listado de tareas matemáticas con ayuda del mencionado software. El objetivo secundario de esta etapa de la orquestación fue que los profesores se familiarizaran con el uso del software, y conocieran algunas de sus potencialidades y características.

La **etapa 3** estuvo inspirada en el trabajo de Mounier y Aldon (1996) presentado en Lagrange (2005). Los profesores fueron organizados en equipos de cuatro o cinco miembros. Cada uno de los equipos fue asignado a un foro asincrónico de discusión, y ahí se solicitó que cada uno de los equipos se distribuyera a su vez en dos sub-equipos. Ambos sub-equipos deberían encontrar una factorización general para la expresión $x^n - 1$, pero uno de los equipos debería utilizar únicamente lápiz y papel para resolver la tarea, mientras que el otro equipo debería utilizar sólo el comando *Factor* del software matemático. Después de resolver la tarea asignada, los sub-equipos deberían compartir sus resultados, para así discutir y reflexionar sobre las ventajas y desventajas que presentaba cada técnica. La actividad terminaba con la entrega de un reporte escrito grupal en el que los profesores deberían mostrar el trabajo realizado por cada sub-equipo, así como sus comentarios sobre la comparación de ambas técnicas.

De acuerdo a lo mostrado por Mounier y Aldon (1996), se esperaba que los sub-equipos obtuvieran resultados distintos respecto a la factorización solicitada. Por un lado se esperaba que los sub-equipos que trabajaran con lápiz y papel utilizaran división polinomial y encontrarán que la expresión $x^n - 1$ puede ser factorizada como $(x-1)(x^{n-1} + x^{n-2} + \dots + x + 1)$. Por otro lado se esperaba que los sub-equipos que utilizaran el comando *Factor* encontrarán otros posibles casos de factorización, ya que al aplicar dicho comando a la expresión $x^n - 1$ se puede ver que en algunos casos la factorización obtenida contiene más de dos factores. Incluso se preveía que, en un esfuerzo por entender bajo qué condiciones la factorización arrojaba más de dos factores, los profesores complementarían la técnica del comando *Factor* con el uso de lápiz y papel.

Así pues, el *objetivo secundario* de esta etapa era que los profesores experimentaran diferentes técnicas y discutieran sobre sus diferencias, ventajas y desventajas. Se esperaba que entre las ventajas de las técnicas instrumentadas, los profesores destacaran su valor pragmático (Lagrange 2005), por ejemplo, la rapidez y eficiencia con que el software efectúa las factorizaciones. Sin embargo también se esperaba que los profesores (y particularmente los que trabajaron con

el comando *Factor*) reconocieran en las técnicas instrumentadas algún tipo de valor epistémico.

La **etapa 4** y la etapa 1 están ligadas. Durante la cuarta etapa se seleccionó uno de los planes de clase que los profesores desarrollaron en la etapa 1. Se seleccionó este plan de clase debido a que no se hacía uso alguno de tecnología, y porque los elementos *tipos de tareas* y *técnicas* estaban claramente identificados. El profesor que diseñó ese plan de clase autorizó que su plan de clase fuera utilizado en la cuarta etapa de la orquestación.

En esta etapa los profesores fueron nuevamente distribuidos en equipos de trabajo, y cada uno de esos equipos fue asignado a un foro de discusión. El plan de clase seleccionado fue presentado a cada uno de los equipos, y se les solicitó que reflexionaran conjuntamente sobre la posibilidad de aplicar este plan de clase en un aula donde se permite el uso de tecnología. Esta era una manera de hacer evidente que serían necesarias algunas modificaciones al plan de clase. Reflexionar sobre esas posibles modificaciones era el *objetivo secundario* de esta etapa. Se esperaba que los profesores notaran por ejemplo que algunas de las técnicas propuestas se volverían obsoletas, ya que habría técnicas instrumentadas más rápidas y eficientes. Si se percibía lo anterior, entonces también se esperaba que los profesores percibieran la necesidad de rediseñar el plan de clase para poder aplicarlo en el nuevo escenario propuesto.

La **quinta** etapa fue un momento de institucionalización de los contenidos del curso. Los profesores y los formadores de profesores que participaron en el curso discutieron en un foro asincrónico el contenido del escrito Lagrange (2005); inicialmente se planeó enfocar la discusión en las modificaciones sobre las tareas y las técnicas que reporta el autor del artículo. Adicionalmente, se publicó un mensaje en video cuando el foro de discusión concluyó. En este mensaje se mencionaron de manera explícita los objetivos secundarios de cada una de las actividades o etapas del curso.

Ahora serán presentados algunos de los datos que se obtuvieron al aplicar el diseño previamente descrito. Los datos mostrados serán analizados en términos de los procesos de instrumentalización e instrumentación que se manifiestan en ellos. Previo a la presentación de los datos se comentarán algunos aspectos relativos a su recolección y presentación en este escrito.

ANÁLISIS DE ALGUNOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ORQUESTACIÓN

1. Sobre la recolección y la presentación de los datos

Una de las características de la comunicación en línea es que puede ser fácilmente registrada, almacenada y compartida. Esta característica representa una ventaja para la investigación educativa que se realiza en este tipo de escenarios, ya que la necesidad de hacer transcripciones de diálogos desaparece. En este trabajo por ejemplo, los datos analizados están constituidos principalmente de discusiones asincrónicas entre profesores de matemáticas. Esas discusiones se encuentran registradas en la plataforma virtual de trabajo, listas para ser accedidas y analizadas.

El análisis de dichas discusiones asincrónicas se ha enfocado en localizar los momentos en que los procesos de instrumentalización e instrumentación se manifiestan durante el trabajo documental de los profesores. En algunos de los extractos que se presentarán se utilizan corchetes [...] para denotar la omisión de ciertos segmentos del texto. Esta edición se llevó a cabo para favorecer la concisión y legibilidad de los datos. La omisión de segmentos es el único tipo de edición que se ha aplicado a los datos presentados. Se ha respetado la manera en que los participantes de las discusiones escriben sus mensajes, es decir, los extractos que presentaremos no excluyen los modismos ni los errores ortográficos incluidos en los comentarios publicados en el foro de discusión. Todos los extractos se presentarán de manera numerada para facilitar su rápida referencia.

2. Ejemplo de un proceso de instrumentalización

Un proceso de instrumentalización se refiere al momento en el que un profesor se apropia y/o modifica el conjunto de recursos con el que está interactuando. Usualmente los cambios o modificaciones introducidos durante los procesos de instrumentalización no han sido previstos por el diseñador de la orquestación. La siguiente es una de las manifestaciones de un proceso de instrumentalización que fue detectada.

Ejemplo 1. Las profesoras Marta y Rosa se encuentran transitando por la etapa 3 de la orquestación e inician la búsqueda de una factorización general para $x^n - 1$, pero empleando la técnica del comando *Factor*. En el foro de discusión, Marta sugiere comenzar la indagación factorizando casos particulares de $x^n - 1$. Rosa apoya la sugerencia de su compañera y decide dividir las factorizaciones en dos

grupos: el caso en que n es par y el caso en que n es impar. Esta última profesora publica un mensaje en el foro de discusión en el que, por medio de un archivo de texto adjunto, le reporta a su compañera de equipo las exploraciones que ha llevado a cabo con la aplicación CAS del software. Los resultados que obtuvo al aplicar el comando *Factor* se concentran en la tabla 1.

Para n par
$x^2 - 1 = (x - 1)(x + 1)$
$x^4 - 1 = (x - 1)(x + 1)(x^2 + 1)$
$x^6 - 1 = (x - 1)(x + 1)(x^2 - x + 1)(x^2 + x + 1)$
$x^8 - 1 = (x - 1)(x + 1)(x^2 + 1)(x^4 + 1)$
Para n impar
$x^3 - 1 = (x - 1)(x^2 + x + 1)$
$x^5 - 1 = (x - 1)(x^4 + x^3 + x^2 + x + 1)$
$x^7 - 1 = (x - 1)(x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1)$
$x^9 - 1 = (x - 1)(x^2 + x + 1)(x^6 + x^3 + 1)$

Tabla 1. – Factorizaciones obtenidas al aplicar el comando *Factor*

Inmediatamente después de presentar los resultados contenidos en la tabla 1, Rosa escribe la pregunta “¿Observas algún patrón?” y continúa comentando:

[1]

[...] Voy a desviarte un poco. Se me vino a la mente intentar visualizar lo que pasa con un comportamiento gráfico. [...] Un caso particular cuando n es igual a 1 [aquí la profesora inserta en su texto la gráfica de $y = x - 1$]. Con n par [la profesora inserta la figura 1]. Con n impar [la profesora inserta la figura 2]. Desconozco en qué medida esto es posible visualizarlo de esta manera, pero te comparto lo que encontré. Sigo trabajando al respecto.

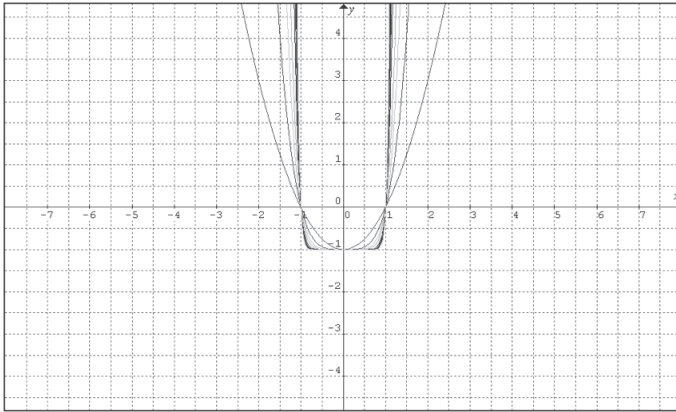


Figura 1. – Grafica de la familia de curvas $y = x^n - 1$ para algunos valores de n pares

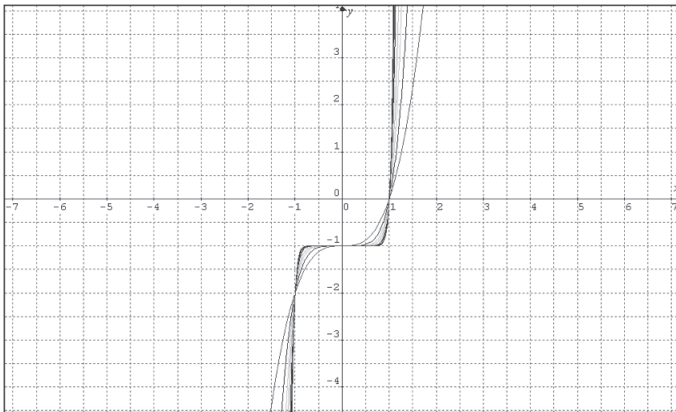


Figura 2. – Grafica de la familia de curvas $y = x^n - 1$ para algunos valores de n impares

Después de revisar este mensaje, Marta responde a Rosa con otro comentario en el foro de discusión:

[2]

Tema: Equipo 1. “Técnica del comando factor”

De: Marta

Fecha: Martes, 25 de noviembre de 2008, 23:58

Hola Rosa: aprovecho a escribirte desde el trabajo y me parece correcto lo que armaste con respecto a discriminar si el exponente es par o impar. Con respecto a lo de las gráficas, que me parece muy interesante, no sé como integrarlo pues solo nos están pidiendo factorización. Pero veremos. [...]

Este se considera un caso de instrumentalización, ya que la profesora Rosa introduce el uso de gráficas cartesianas para la solución de la actividad (figuras 1 y 2), y no se limita al uso del comando *Factor* como se les había solicitado. De hecho los gráficos fueron realizados en un software distinto al utilizado oficialmente en el curso.

Pareciera que Rosa decidió explorar el contexto gráfico debido a que las factorizaciones proveídas por la calculadora (tabla 1) no le permitían vislumbrar una factorización general para $x^n - 1$; la pregunta “¿Observas algún patrón?” hecha a su compañera, así parece indicarlo. Asimismo, pareciera que Rosa no logra establecer un vínculo entre las factorizaciones obtenidas y las gráficas que efectuó. Su comentario en [1] da esta impresión.

Aparentemente Marta tampoco encuentra una asociación clara entre las gráficas y la actividad requerida. En [2] ella comenta: “[N]o sé como integrarlo pues solo nos están pidiendo factorización. Pero veremos”. De hecho, Marta y Rosa no recurrieron en sus exploraciones posteriores al uso de esas gráficas. Ellas trataron de obtener una factorización general a partir de los diferentes resultados obtenidos a través de la aplicación del comando *Factor*. Después de plantear y verificar varias hipótesis, ellas concluyeron que tanto para valores pares como impares de n ,

$$x^n - 1 = (x - 1)(x^{n-1} + x^{n-2} + \dots + x + 1).$$

Al concluir su exploración, Marta y Rosa redactaron un reporte para el sub-equipo que trabajó la misma actividad de factorización, pero utilizando lápiz y papel. Este reporte presentaba la conclusión antes mencionada y las exploraciones realizadas, incluyendo las gráficas mostradas en las figuras 1 y 2. Por su parte, el sub-equipo que trabajó con la técnica de lápiz y papel, encontró dos factorizaciones. Para n impar encontraron que $x^n - 1 = (x - 1)(x^{n-1} + x^{n-2} + \dots + x + 1)$; y para n par concluyeron que $x^n - 1 = (x - 1)(x + 1)(x^{n-2} + x^{n-4} + \dots + x^2 + 1)$. Al recibir el reporte de Marta y Rosa, uno de los miembros del sub-equipo de la técnica lápiz y papel comentó en el foro:

[3]

Tema: Re: Espacio general de discusión

De: Federico

Fecha: Sábado, 29 de noviembre de 2008, 22:59

[...] [E]stoy tratando de integrar todo lo trabajado por los dos subequipos, tengo dos observaciones:

La conclusión de que en la factorización los casos pares a final de cuentas es igual a los impares, aunque estrictamente es correcta, me parece que también hay que expresar que un factor que es común a

todos los casos pares es $x+1$ quedando expresado como:

$$x^n - 1 = (x-1)(x+1)(x^{n-2} + x^{n-4} + \dots + x^2 + 1) \text{ cuando } n \text{ es par}$$

La segunda observación es que están increíbles sus gráficas porque precisamente corrobora la observación anterior y ayudan a entender que las únicas raíces reales son: -1 y 1 generando así los factores $x+1$ y $x-1$, el primero sólo en los casos pares. [...]

La intervención [3] muestra que las gráficas que realizó Rosa, aunque relativamente ignoradas en su propio sub-equipo, fungieron como un elemento de la actividad que permitió al profesor Federico asignar un nuevo sentido o significado a las factorizaciones encontradas durante sus propias exploraciones con lápiz y papel. Esta situación de esclarecimiento matemático que experimentó el profesor puede considerarse incluso como un proceso de instrumentación. A continuación se presenta otro ejemplo de este tipo de proceso.

3. Ejemplo de un proceso de instrumentación

Un proceso de instrumentación se presenta cuando los recursos con los que un profesor interactúa moldean e influyen su actividad y su conocimiento profesional. En el caso particular de los cursos en línea para profesores en servicio, se puede decir que un proceso de instrumentación tiene lugar cuando las ideas y reflexiones que se producen en el profesor durante el curso son moldeadas e influenciadas por los recursos con los que interactúa a lo largo del proceso de formación.

Durante el análisis de los datos, se ha encontrado que los procesos de instrumentación no son tan frecuentes, ni se manifiestan de una manera tan puntual como los procesos de instrumentalización. Cuando un profesor manifiesta una idea novedosa o una reflexión en la plataforma de trabajo, es necesario rastrear su origen y tratar de identificar los elementos que intervinieron en su constitución. A continuación presento lo que se considera es un ejemplo de un proceso de instrumentación.

Ejemplo 2. Después de analizar las discusiones asincrónicas de los profesores relativas a las etapas 3 y 4 de la orquestación, se hizo evidente que varios de ellos únicamente destacaban el valor pragmático de las técnicas instrumentadas. En otras palabras, los profesores concebían al software como una herramienta que les facilita la realización y verificación de algoritmos, pero no como una herramienta que puede servir como medio para la construcción de conocimiento matemático. Este tipo de posturas pueden ilustrarse mediante los comentarios que algunos de los profesores expresaron en diferentes momentos del curso. Por ejemplo, durante la composición

de los sub-equipos para realizar la factorización propuesta en la etapa 3, uno de los profesores decide unirse al equipo que la abordaría utilizando lápiz y papel mediante el siguiente comentario:

[4]

Tema: Re: Espacio general de discusión

De: Federico

Fecha: Lunes, 24 de noviembre de 2008, 19:35

Hola compañera, aun cuando soy partidario del uso de las calculadoras estoy convencido que el buen uso de las calculadoras requiere previamente haber entendido como se hacen las cosas. También me gustaría particularmente hacer equipo contigo, si no tienes inconveniente podríamos hacer equipo [...]

Una interpretación de la frase “estoy convencido que el buen uso de las calculadoras requiere previamente haber entendido como se hacen las cosas” es que este profesor percibe a la tecnología (o en este caso a las calculadoras) como un elemento cuyo uso en el aula debe ser posterior al trabajo con lápiz y papel. Este profesor no percibe a las técnicas instrumentadas como un medio para producir conocimiento. Esta idea o postura es interpretada aquí como un componente de los invariantes operacionales que este profesor asocia con el uso de tecnología para la enseñanza de las matemáticas.

La anterior postura fue reiterada por el mismo profesor en la etapa 4 de la orquestación, cuando el equipo de trabajo al que él pertenecía se encontraba discutiendo los posibles efectos que la tecnología tendría en el plan de clase analizado (ver la descripción de la etapa 4 supra):

[5]

Tema: Re: Tareas y técnicas

De: Federico

Fecha: Viernes, 5 de diciembre de 2008, 19:03

Hola compañeros:

Estoy de acuerdo con Rosa en cuanto a la utilidad de la calculadora (ClassPad) en cuanto que ahorra mucho trabajo [...] En general, cuando se presenta la discusión de este tema siempre llegó a la conclusión de que es importante que el alumno primero aprenda los métodos manualmente, digamos lápiz y papel para una vez con los conocimientos básicos haciendo uso de la calculadora le abre un panorama amplio que no se alcanzaría con lápiz y papel. [...]

Para los formadores de profesores que estuvimos observando la evolución del curso, fue claro que después de que los profesores habían transitado por las etapas iniciales de la orquestación, la mayoría de ellos sólo destacaba el *valor pragmático* de las técnicas instrumentadas sin mencionar su posible *valor epistémico*. Esta situación fue explícitamente abordada en una reunión que los

formadores de profesores sostuvimos tres días después de haberse iniciado la cuarta etapa de la orquestación. En esta reunión, los formadores de profesores acordamos que durante la quinta etapa de la orquestación, en la que se discutiría con los profesores el trabajo de Lagrange (2005), abordaríamos explícitamente los conceptos de valor pragmático y epistémico. Esta es la manera en que esta discusión fue iniciada por uno de los formadores de profesores:

[6]

Tema: ¿Qué tecnología en la clase de Matemáticas?

De: Jaime

Fecha: Miércoles, 10 de diciembre de 2008, 01:06

Que tal colegas

Iniciamos el día de hoy un diálogo sobre el uso de la tecnología a partir de dos asuntos principalmente. Su experiencia sobre las actividades desarrolladas a lo largo del curso y la lectura del artículo de J. B. Lagrange.

Trataremos de reflexionar a partir de dos conceptos principales contenidos en el artículo. Lo que denomina valores epistémico y pragmático.

Ustedes han confrontado situaciones desarrolladas en papel - lápiz y haciendo uso de una calculadora. Qué se obtiene en uno y otro escenario [...]

El profesor Federico, autor de los comentarios mostrados en [4] y [5], presenta la siguiente reflexión como respuesta al comentario de Jaime en [6]:

[7]

Tema: Re: ¿Qué tecnología en la clase de Matemáticas?

De: Federico

Fecha: Sábado, 13 de diciembre de 2008, 04:16

Hola compañeros:

Hasta antes de leer el artículo de Lagrange yo sólo le daba una aplicación, usando la terminología del artículo, pragmática. Incluso me parecía que sin conocimiento previo el uso de herramientas CAS y/o calculadoras no ayudaban a generar aprendizaje, es decir, yo era partidario del uso de estas herramientas pero por lo visto solo dando valor al aspecto pragmático. En cálculo integral fomentaba el uso de herramientas en todo lo que se requiere de operaciones y cuando mucho en la aplicación de los cálculos de derivación; en ecuaciones diferenciales fomento su aplicación para integrar y así sucesivamente. Por eso me sorprendió mucho que el artículo destacara el aspecto de la aplicación epistémica. En parte tenía razón, porque la aplicación epistémica por lo visto requiere de una planeación y construcción de actividades específicas nuevas que no surgen naturalmente a partir de la forma de enseñanza lápiz y papel. Me gustaría concluir esta

participación dejando la inquietud de reflexionar y profundizar sobre como debe ser la metodología de la aplicación del valor epistémico.

La intervención [7] de Federico sugiere que los conceptos de valor epistémico y pragmático lo ayudaron a identificar o a ser consciente de la existencia de algunas de sus creencias o valores asociados con el uso de tecnología en la enseñanza de las matemáticas. Si se compara su comentario emitido en [7] con aquellos expresados en [4] y [5] se podrá constatar que este profesor ha identificado la postura pragmática que él ha tenido hacia el uso de las herramientas tecnológicas.

Este no fue el único momento dentro del foro en el que Federico reflexiona sobre su propia postura. En un momento posterior a la publicación del comentario [7], él se refiere a la intervención de una de sus compañeras, en la que ella describe de manera general la forma en que usa software matemático con sus estudiantes. Federico afirma:

[8]

Tema: Re: ¿Qué tecnología en la clase de Matemáticas?

De: Federico

Fecha: Sábado, 13 de diciembre de 2008, 17:21

Hola colegas:

[...][P]or lo visto Mariana ya ha planteado una serie de tareas o actividades para aprender mediante el matlab a resolver sistemas de ecuaciones lineales. Partiendo del ejemplo me parece que darle un valor pragmático es: ya sabiendo resolver estos sistemas usamos la herramienta para facilitarnos la mecánica. Dar un valor epistémico es que aprendan los conceptos involucrados a partir del uso de la herramienta. Yo no había visualizado aplicar la tecnología en este sentido, yo solo le he promovido con el valor pragmático. Lo que me motiva ahora es aprender a desarrollar tareas y métodos para aprender, me da la impresión que lo que plantea Mariana apunta en esa dirección. [...]

La intervención [8] también sugiere que el profesor ha logrado identificar su propia postura pragmática hacia el uso de tecnología, y que incluso muestra disposición a explorar la posible contribución epistémica de las técnicas instrumentadas. Esta situación es interpretada como una modificación en los invariantes operacionales que el profesor asocia al uso de tecnología; una modificación que parece haber sido motivada por algunos elementos del conjunto de recursos con el que interactuó, particularmente por los conceptos de valor epistémico y valor pragmático de una técnica presentados en el artículo de Lagrange (2005). En su intervención [7] el profesor es explícito al respecto. Este aparente cambio en los invariantes operacionales del profesor es considerado un proceso de instrumentación.

DISCUSIÓN

En este estudio he utilizado un concepto denominado orquestación documental, con la intención de estructurar y analizar el funcionamiento de un diseño en línea dirigido a favorecer el desarrollo profesional de profesores de matemáticas en servicio. La aplicación del concepto permitió obtener información no sólo relacionada con el diseño particular y su funcionamiento, sino también sobre la dinámica del trabajo documental colectivo en línea, y sobre el medio virtual en el que se desarrolla.

1. Sobre el funcionamiento del diseño

Se ha encontrado que una orquestación documental podría ser regulada y evolucionar a través de la retroalimentación que se obtiene después su aplicación, donde esta retroalimentación está representada por los procesos de instrumentalización e instrumentación que se manifiestan en las diferentes etapas de la orquestación. Sin embargo, el tipo de información que el diseñador obtiene acerca de su orquestación, es diferente para cada uno de esos procesos.

Los procesos de instrumentalización ayudan a identificar los recursos que son apropiados, modificados o introducidos por los profesores. Esto permite observar la naturaleza y las consecuencias de estos cambios y tomarlas en consideración para el mejoramiento de futuras orquestaciones. Algunas de las consecuencias de estos cambios suelen ser de carácter técnico, es decir, sin una relación directa con los contenidos matemáticos o didácticos abordados a través de la orquestación. Un ejemplo podría ser el consumo de tiempo e interrupción de una interacción en línea que se puede producir al intentar abrir y compartir el contenido de un tipo de archivo novedoso o desconocido que ha sido introducido por un profesor en un foro de discusión. Este tipo de información sin embargo, es relevante para el diseñador, ya que permite detectar posibles fuentes de dificultades técnicas que obstaculizan el funcionamiento fluido de una orquestación particular.

Hay por supuesto procesos de instrumentalización que tienen otro tipo de repercusiones. Un caso es el presentado en el ejemplo 1, donde una profesora introduce el uso de gráficas para intentar obtener información que le permita vislumbrar algún patrón dentro de las factorizaciones mostradas en la tabla 1. Como se mostró en [3] la introducción de estas gráficas favorecieron que al menos uno de los profesores que las observó, encontrara un nuevo sentido o interpretación para las factorizaciones que su sub-equipo encontró. Tomando como referente esta experiencia, se puede planear un nuevo

modo de explotación para la orquestación que de alguna manera incluya la exploración gráfica auxiliada por computadora como complemento de las técnicas exploradas en la etapa 3.

Como ya se ha mencionado, la manera en que los procesos de instrumentación informan al diseñador acerca de la orquestación es distinta a la manera en que lo hacen los procesos de instrumentalización. La información proveída por los procesos de instrumentación está relacionada con la manera en que la orquestación está afectando el modo de actuar y de pensar de los profesores. La presencia o ausencia de estos procesos revelan si se están logrando o no los objetivos principal o secundarios de la orquestación. Esta información, además, nos puede servir de guía para hacer ajustes y modificaciones específicas a las etapas y modos de explotación de la orquestación documental con la intención de mejorarla. El ejemplo 2 ilustra este proceso. Ahí se mostró el caso de un profesor cuyos comentarios y acciones dentro del foro asincrónico de discusión no parecían reflejar los cambios que se buscaba producir a través de la orquestación. Nuestras observaciones del comportamiento de éste y otros profesores involucrados en el curso nos condujeron a realizar ajustes en uno de los posibles modos de explotación de la orquestación, a saber, cambiar el foco de atención en la discusión del artículo de Lagrange (2005), de las modificaciones de las tareas y las técnicas, a los conceptos de valor pragmático y epistémico de las técnicas. Intervenciones como la mostrada en [7] son interpretadas como un indicador de que este nuevo modo de explotación, en el que los conceptos de valor pragmático y epistémico toman un papel protagónico, parece favorecer cambios positivos en los invariantes operacionales de los profesores. Es entonces pertinente considerar la aplicación de este ajuste en futuras orquestaciones.

Una idea relevante pero que hasta el momento sólo se ha manejado de manera implícita es el carácter cíclico o iterativo de una orquestación documental. Aquí se está asegurando que, al igual que la génesis documental, una orquestación documental puede ser vista como un proceso. Un proceso en el que una orquestación es aplicada y su aplicación produce (o no produce) ciertos procesos de instrumentalización e instrumentación; es entonces que tomando en consideración estos procesos, la orquestación puede ser rediseñada o transformada en una nueva orquestación. Este carácter cíclico del diseño de tareas en la formación continua de profesores ha sido señalada por varios autores (por ejemplo Yackel, Underwood & Elias, 2007; Liljedahl, Chernoff & Zazkis, 2007). Una de las aportaciones que ofrece el concepto de la orquestación documental a esta discusión es la propuesta de enfocar la

atención a los procesos de instrumentalización e instrumentación que se puedan generar durante la aplicación de la orquestación, y considerarlos como una fuente de información que pueda servir como guía para efectuar ajustes al diseño original.

2. Sobre el trabajo documental colectivo de los profesores

El trabajo documental colectivo (TDC) que los profesores realizaron fue muy particular. Además de que se desarrolló a través del Internet, ellos no estaban planeando una clase o diseñando algún dispositivo didáctico. Tampoco se intentó que el producto de su trabajo documental tuviera una aplicación directa en un escenario escolar. Sin embargo el TDC existió, es decir, los profesores trabajaron colaborativamente, compartiendo el espacio virtual del curso y los recursos ahí proporcionados, con el propósito de desarrollar las actividades académicas requeridas.

El concepto de orquestación documental, pero particularmente los conceptos de instrumentalización e instrumentación, permitieron observar algunos aspectos de la dinámica del TDC en línea. Uno de los aspectos más relevantes es que el TDC en línea tiene un carácter público, perdurable y conectado. Un escenario de formación en línea es uno en el que no sólo los recursos, sino también las relaciones que los profesores establecen con esos recursos adquieren un carácter tangible, público y compartido. Esto debido a que la mayoría de las acciones que los profesores realizan quedan registradas y almacenadas permitiendo así que otras personas las noten e incluso se vean afectadas por ellas. Un caso de estos se presentó en el ejemplo 1. Ahí se muestra la manera en que un proceso de instrumentalización (en este caso la incorporación del uso de gráficas en una actividad de factorización), aunque producido por un solo individuo, afecta la actividad de otros profesores. En este ejemplo ([3]) se evidenció cómo uno de los profesores encuentra un nuevo sentido o significado para las factorizaciones desarrolladas, todo esto por medio de las gráficas producidas por la profesora Rosa. Lo que se quiere destacar aquí es que el medio virtual favorece que las ideas y acciones de las personas adquieran un carácter tangible. Es una especie de cosificación. Esto permite que esos elementos sean manipulados, almacenados y compartidos. Esta cualidad material favorece que las ideas, pensamientos, nociones y entendimientos de los individuos se conviertan en nuevos *recursos* capaces de moldear el TDC. El caso del profesor Federico en [3] es un ejemplo de esta situación. Ahí se ilustró como una idea o intuición que la profesora Rosa expresó a través de unas gráficas ([1]), se convirtió en un recurso

capaz de nutrir el trabajo documental de sus colegas, e incluso producir una elucidación matemática en uno de ellos.

3. Sobre la influencia del medio virtual en el TDC

El estudio del trabajo documental colectivo (TDC) asociado a la orquestación discutida en este artículo, también ayudó a identificar la manera en que algunas características del medio virtual influyen y determinan el TDC.

El carácter perdurable y público que los *informes de actividad* poseen dentro de un escenario en línea afecta de manera significativa el TDC. Como ya se ha comentado, una de las principales afectaciones es que se crea un ambiente de trabajo en el que una variedad de elementos que podrían considerarse como no tangibles, son propensos a convertirse en *recursos* con una entidad ostensible y capaz de influir los procesos de instrumentación e instrumentalización que ahí tienen lugar. En este medio las ideas, las preguntas, los comentarios, los conceptos e incluso los procesos de instrumentalización se registran y materializan mediante mensajes escritos, videos, gráficos y otros medios. Estas características revelan un medio de interacción complejo y dinámico donde el trabajo documental está naturalmente interconectado y es interdependiente. Es un medio donde la producción de recursos no puede ser monopolizada por el diseñador de la orquestación.

Las facilidades de tiempo y acceso que el medio virtual puede ofrecer es una característica que parece afectar de manera positiva el TDC. Por ejemplo, a través del Internet es posible crear espacios de TDC que son enriquecidos con las opiniones, conocimientos y experiencias de profesores que están geográficamente distantes y que provienen de contextos culturales e institucionales diversos. Sería muy difícil construir un espacio de trabajo colectivo como este en un escenario presencial. Con respecto al tiempo, el TDC realizado en foros de discusión asincrónicos ofrece una gran flexibilidad temporal en la que los profesores pueden contribuir al trabajo colectivo durante diferentes momentos del día (en la madrugada, desde su trabajo). También permite que los profesores dispongan de tiempo para analizar los comentarios o cuestionamientos de sus compañeros y emitir una reacción o respuesta. En [7] se muestra por ejemplo cómo Federico toma tres días para regresar a la pregunta de Jaime en [6] y comentarla. La facilidad de acceso y la disponibilidad de tiempo son características de la comunicación en línea que ya han sido reconocidas previamente como benéficas para el trabajo colectivo entre profesores de matemáticas (por ejemplo Borba & Gadanidis, 2008; Viseu & Ponte, 2009).

Sin embargo, es importante notar también que, así como el Internet provee a ciertos profesores de un espacio para realizar TDC enfocado a favorecer su desarrollo profesional, de la misma manera el medio impone restricciones e impedimentos que marginan a otros profesores de este espacio de desarrollo docente. Es claro que el TDC en línea es sólo accesible para aquellos profesores de matemáticas que cuentan con ciertos recursos y habilidades. Computadora con acceso a Internet, competencia en el manejo de software matemático y no matemático, habilidad para interactuar y comunicar ideas de manera no verbal, son algunas de las características que debe poseer un profesor de matemáticas para poder participar activamente en el TDC. En un contexto como el Latinoamericano donde se ha desarrollado este estudio, dichos requerimientos pueden fácilmente convertirse en obstáculos que impidan que muchos profesores accedan a esta oportunidad de desarrollo docente.

4. Sobre las limitaciones y potencialidades de este estudio

Una de las características de este trabajo es que los profesores de matemáticas que constituyeron la población de estudio no fueron observados desarrollando su trabajo docente en el aula de clases. Así, es difícil mostrar evidencia clara de que a través de la orquestación documental aplicada se han producido cambios en las prácticas de los profesores. Ese tipo de afirmaciones están fuera del alcance de este estudio. La evidencia recolectada sólo permite suponer cambios en las creencias profesionales de los docentes. De hecho, como se habrá notado en el análisis del ejemplo 2 supra, una suposición que subyace a este trabajo es que es posible inferir aspectos de los invariantes operacionales que poseen los profesores, e incluso detectar cambios en esos invariantes, mediante el análisis de las acciones, comentarios, y productos escritos que son generados por los docentes. Esta suposición está basada en la gran capacidad de registro y preservación de los *informes de actividad* que un escenario en línea posee.

Se podría esperar sin embargo, que si en verdad se ha producido un cambio en las ideas que un profesor posee acerca de una clase de situaciones particular, esto impulsará algún tipo de cambio en la práctica de ese mismo profesor. Esta suposición apela a la conexión entre cambios de creencias y cambio de prácticas que sostienen Gueudet y Trouche (2009). Pero se debe insistir en que son necesarios otro tipo de estudios que nos permitan validar este tipo de suposiciones.

Otra limitación se refiere a la generalización de los resultados del estudio. Se ha tratado de ilustrar y argumentar que el medio virtual

favorece que entidades no concretas o tangibles adquieran un carácter material y público, lo cual promueve que dichas entidades se conviertan en nuevos recursos capaces de influir el trabajo documental colectivo. Es muy probable que esta cualidad sólo sea compartida por algunos escenarios de formación de profesores, particularmente aquellos que se apoyan del uso de plataformas virtuales de trabajo colaborativo. De esta manera la generalización de este resultado es limitada.

Este trabajo sin embargo, contribuye al desarrollo de la aproximación documental y abre algunas rutas de acción investigativa que podrían seguir siendo exploradas dentro de esta aproximación. Primero, este trabajo proporciona evidencia empírica de la utilidad de la orquestación documental y sus conceptos asociados para conceptualizar y analizar el tipo de interacciones y relaciones que emergen entre un diseño en línea y un grupo de profesores destinatarios del diseño.

Por otro lado, la aplicación de la orquestación documental en este escenario de profesionalización docente ha hecho patente la necesidad de refinar algunos de los conceptos teóricos que le dan soporte, con la intención de capturar y caracterizar con mayor detalle el tipo de relaciones que surgen entre un diseño en línea y sus usuarios. Consideremos por ejemplo el concepto de instrumentalización. Es claro a partir de este estudio que existen *tipos* de procesos de instrumentalización. Mientras hay algunos que son de carácter técnico, que sólo afectan la fluidez y continuidad con la que se desarrolla el TDC, existen otros procesos de instrumentalización que pueden influir de manera más específica la construcción de ideas por parte de los profesores. Un caso ilustrativo de este tipo de proceso se encuentra en el ejemplo 1, donde las gráficas introducidas por Rosa son un recurso detonante en el entendimiento matemático que experimenta Federico en [3]. Algo similar sucede con los procesos de instrumentación. En este estudio particular no sólo se han identificado procesos de instrumentación que favorecen el desarrollo del conocimiento matemático de los profesores, sino también se han encontrado procesos de instrumentación que contribuyen a la identificación de creencias relacionadas con la práctica docente ([7] y [8]). Es necesario entonces continuar caracterizando los procesos de instrumentación, de acuerdo a los aspectos del conocimiento profesional de los profesores que ayudan a desarrollar.

Otro elemento que debería ser profundizado es el rol que juegan los conceptos y teorías de la didáctica de las matemáticas como herramienta para el desarrollo profesional de profesores de matemáticas. En este trabajo se mostró de manera particular cómo los

conceptos de valor pragmático y valor epistémico (Lagrange 2005) tomaron un rol de *recursos* en la orquestación y favorecieron que uno de los profesores identificara aspectos de su propio conjunto de creencias relacionados con el estatus asignado a las herramientas tecnológicas en el proceso de estudio de las matemáticas. Existen al menos dos maneras distintas en que los investigadores han aplicado los conceptos de la didáctica de las matemáticas en el proceso de desarrollo profesional de profesores de matemáticas: la primera se refiere al uso de conceptos de la investigación en didáctica como medio para construir actividades o situaciones para profesores, enfocadas en desarrollar aspectos específicos de su conocimiento profesional. Un ejemplo de este tipo de aplicación es el trabajo de Bloch (2007). Aquí se utiliza el concepto de juego de la Teoría de Situaciones Didácticas para producir una situación sobre descomposición de vectores dirigida a futuros profesores de matemáticas. La situación diseñada tiene la finalidad de desarrollar su conocimiento matemático y pedagógico. La otra manera de utilizar las teorías y conceptos en el desarrollo profesional de profesores consiste en introducir a los profesores al estudio directo de esas construcciones teóricas. Investigaciones como las de Even (1999), Even (2003), Tsamir (2008) y la expuesta en este mismo artículo, representan esa otra perspectiva en la que los conceptos teóricos son considerados como recursos por sí mismos, capaces de influir en el desarrollo profesional de los profesores de matemáticas. Creo que la aproximación documental puede ayudar a clarificar la naturaleza de la influencia de dichos conceptos en el desarrollo de los profesores.

Finalmente, la naturaleza cíclica y evolutiva de las orquestaciones documentales permite sugerir que el estudio de las orquestaciones documentales que se utilizan en las instituciones dedicadas a la formación continua de profesores, podría proveernos de información relacionada con el desarrollo de los formadores de profesores y de la institución misma. Por ejemplo, si centramos nuestra atención en el tipo de orquestaciones que un formador de profesores utiliza para una clase de situaciones dada y las observamos a lo largo de un periodo de tiempo, muy probablemente detectaremos cambios en dichas orquestaciones. Estos cambios en las orquestaciones pueden estar ligados al desarrollo y los cambios que el formador de profesores experimenta a través de su práctica. Esta es otra área de aplicación del concepto que podría ser explorada.

REFERENCIAS

- ARTIGUE M. (2009) Didactical design in mathematics education. In Winsløw C. (Ed.) *Nordic Research in Mathematics Education. Proceedings from NORMA08 in Copenhagen, April 21-April25, 2008* (pp. 7–16). Rotterdam: Sense Publishers. <https://www.sensepublishers.com/files/9789087907839PR.pdf>
- BLOCH I. (2007) Promote teachers' pedagogical content knowledge. *Revista Educação Matemática Pesquisa* 9(1).
- BORBA M.C., GADANIDIS G. (2008) Virtual communities and networks of practising mathematics teachers. In Krainer K., Wood T. (Eds.) *The International Handbook of Mathematics Teacher Education Volume 3: Participants in Mathematics Teacher Education: Individuals, Teams, Communities and Networks* (pp. 181–206). Rotterdam: Sense Publishers.
- CHEVALLARD Y. (1999) L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique de Mathématiques* 19(2) 221–226.
- CLARKE B., GREVHOLM B., MILLMAN R. (Eds.) (2009) *Tasks in Primary Mathematics Teacher Education. Purpose, Use and Exemplars*. New York: Springer.
- COBB P. (2007) Putting philosophy to work. Coping with multiple theoretical perspectives. In Lester F. (Ed.) *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 3–38). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- COBB P., CONFREY J., DISSA A., LEHRER R., SCHAUBLE L. (2003) Design experiments in educational research. *Educational Researcher* 32(1) 9–13.
- COBB P., WOOD T., YACKEL E. (1990) Classrooms as learning environments for teachers and researchers. In Davis, R.B., Maher C.A., Noddings N. (Eds.) *Constructivist views on the teaching and learning of mathematics. Journal for Research in Mathematics Education, Monograph Number 4* (pp. 125 – 210). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- EVEN R. (2003) What can teachers learn from research in mathematics education? *For the Learning of Mathematics* 23(3) 38–42.
- EVEN R. (1999) Integrating academic and practical knowledge in a teacher leaders' development program. *Educational Studies in Mathematics* 38(1/3) 235–252.
- GUEUDET G., TROUCHE L. (2009) Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics* 71(3) 199–218.
- GUEUDET G., TROUCHE L. (2008a) Vers de nouveaux systèmes documentaires des professeurs de mathématiques ? In Bloch I., Conne F. (Eds.) *Actes de la XIVème Ecole d'Été de Didactique des Mathématiques* (pp. 1–24). Saint-Livrade : La Pensée Sauvage.
- GUEUDET G., TROUCHE L. (2008b) Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Education et Didactique* 2(3) 7–33.
- LAGRANGE J.B. (2005) Using symbolic calculators to study mathematics. The case of tasks and techniques. In Guin D., Ruthven K., Trouche L. (Eds.) *The Didactical Challenge of Symbolic Calculators. Turning a Computational Device into a Mathematical Instrument* (pp. 113–135). New York: Springer.
- LILJEDAHN P., CHERNOFF E., ZAZKIS R. (2007) Interweaving mathematics and pedagogy in task design: a tale of one task. *Journal of Mathematics Teacher*

Education 10(4/6) 239–249.

MOUNIER G., ALDON G. (1996) A problem story: factorisations of $x^n - 1$. *International DERIVE Journal* 3(3) 51–61.

PONTE J.P., ZASLAVSKY O., SILVER E., BORBA M., VAN DEN HEUVEL-PANHUIZEN M., GAL H., FIORENTINI D., MISKULIN, R., PASSOS C., DE LA ROCQUE PALIS G., HUANG R., CHAPMAN O. (2009) Tools and settings supporting mathematics teachers' learning in and from practice. In Even R., Ball D.L. (Eds.) *The Professional Education and Development of Teachers of Mathematics. The 15th ICMI Study* (pp. 185–209). New York: Springer.

RABARDEL P. (1995) *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.

RABARDEL P., SAMURÇAY R. (2001) From Artifact to Instrumented-Mediated Learning. New challenges to research on learning. *International simposium organized by the Center for Activity theory and Developmental Work Research*. University of Helsinki, March, 21 – 23. Communication privée.

RUTHVEN K., LABORDE C., LEACH J., TIBERGHEN A. (2009) Design Tools in didactical research: Instrumenting the epistemological and cognitive aspects of the design of teaching sequences. *Educational Researcher* 38(5) 329–342.

SÁNCHEZ M. (à paraître) Dialogue among in-service teachers in an internet-based mathematics education program. In Bednarz N., Fiorentini D., Huang R. (Eds.) *The Professional Development of Mathematics Teachers: Experiences and Approaches Developed in Different Countries*. Ottawa: Ottawa University Press.

SÁNCHEZ M. (à paraître) Internet-based dialogue: a basis for reflection in an in-service mathematics teacher education program. In *Proceedings of the Sixth Conference of European Research in Mathematical Education (CERME 6)* Lyon, - Jan. 28th - Feb.,1 , 2009.

SCHOENFELD A.H. (2009) Bridging the cultures of educational research and design. *Educational Designer* 1(2). <http://www.educationaldesigner.org/ed/volume1/issue2/article5>

TIROSH D., GRAEBER A.O. (2003) Challenging and changing mathematics teaching classroom practices. In Bishop A.J., Clements M.A., Keitel C., Kilpatrick J., Leung F.K.S. (Eds.) *Second International Handbook of Mathematics Education* (segunda parte, pp. 643–687). Dordrecht: Kluwer.

TROUCHE L. (2004) Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding students' command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 9(3) 281–307.

TROUCHE L. (2005a) Instrumental genesis, individual and social aspects. In Guin D., Ruthven K., Trouche L. (Eds.) *The Didactical Challenge of Symbolic Calculators. Turning a Computational Device into a Mathematical Instrument* (pp. 197–230). New York: Springer.

TROUCHE L. (2005b) An instrumental approach to mathematics learning in symbolic calculators environments. In Guin D., Ruthven K., Trouche L. (Eds.) *The Didactical Challenge of Symbolic Calculators. Turning a Computational Device into a Mathematical Instrument* (pp. 137–162). New York: Springer.

TROUCHE L. (2009) Penser la gestion didactique des artefacts pour faire et faire faire des mathématiques: histoire d'un cheminement de recherche. *L'Éducateur* 0309 35–38.

- TSAMIR P. (2008) Using theories as tools in mathematics teacher education. In Tirosh D., Wood T. (Eds.) *The International Handbook of Mathematics Teacher Education Volume 2: Tools and Processes in Mathematics Teacher Education* (pp. 211–234). Rotterdam: Sense Publishers.
- VERGNAUD G. (1998) Toward a cognitive theory of practice. In Sierpiska A., Kilpatrick J. (Eds). *Mathematics education as a research domain: A search for identity* (pp. 227–241). Dordrecht: Kluwer.
- VISEU F., PONTE J.P. (2009) Desenvolvimento do conhecimento didático do futuro professor de matemática com apoio das TIC. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 12(3) 383–413.
- YACKEL E., UNDERWOOD D., ELIAS N. (2007) Mathematical tasks designed to foster a reconceptualized view of early arithmetic. *Journal of Mathematics Teacher Education* 10(4/6) 351–367.