

## MATEMÁTICA Y TIC. EL PROFESOR COMO ORQUESTADOR INSTRUMENTAL

Rosa Ana Ferragina; Leonardo José Lupinacci  
Centro de Estudios en Didácticas Específicas, (CEDE).  
Universidad Nacional de General San Martín (UNSAM).  
[rosaferragina\\_1@hotmail.com](mailto:rosaferragina_1@hotmail.com), [leolupinacci@yahoo.com.ar](mailto:leolupinacci@yahoo.com.ar)

### Resumen

En este trabajo pretendemos reflexionar sobre cómo la incorporación de las TIC modifica los escenarios de trabajo en las clases de Matemática. Se analizarán experiencias recogidas en un curso dictado a profesores de esa área, utilizando el software de geometría dinámica GeoGebra. Basaremos nuestros desarrollos en el enfoque instrumental que analiza el uso de la tecnología y de cómo un usuario (docente, alumno, etc.) se apropia de algún instrumento para integrarlo a su actividad matemática. Focalizaremos nuestras observaciones sobre dos ejes: utilización y/o incorporación de herramientas tecnológicas, la gestión de la clase para potenciar lo dinámico e interactivo que ofrece el software para el aprendizaje y la enseñanza de la matemática con la utilización de TIC.

**Palabras Clave:** Formación Docente Continua, Génesis Instrumental, Orquestación Instrumental, Software de Geometría Dinámica.

### Abstract

In this work we try to think how the incorporation of the TIC modifies the scenes of work in the classes of Mathematics. There will be analysed experiences gathered in a course dictated to teachers of this area, using the software of dynamic geometry GeoGebra. We will base our developments on the instrumental approach that analyses the use of the technology and of how a user (teacher, pupil, etc.) appropriates of some instrument to integrate it to his mathematical activity. We will focus our observations on two axes: utilization and / or incorporation of technological tools, the management of the class to promote the dynamic and interactive thing that offers the software for learning and teaching mathematics with the utilization of TIC.

**Key Words:** Continuous Teacher Training, Instrumental Genesis, Instrumental Orchestration, Software of Dynamic Geometry.

### 1. Introducción

En los últimos años la incorporación de TIC en la enseñanza se ha convertido en uno de los temas de debate con preponderancia en ámbitos académicos, congresos nacionales e internacionales, cursos de formación y/o actualización, etc.

El estado actual de la integración de las TIC se caracteriza por una distancia evidente entre el discurso oficial, con muchos aspectos progresivos en relación a políticas educativas anteriores, y lo que efectivamente sucede en las escuelas. Puesto que, al existir esta presión de integración y adaptación de un modo imperativo, los avances tecnológicos le subrayan a la escuela nuevas urgencias y, las TIC no son una práctica social integrada a la formación de los docentes, en general para todas las áreas y para Matemática en especial.

Estos aspectos de la integración fueron el eje del Seminario dictado por el Dr. Luc Trouche (2011), en el que presentó el enfoque instrumental: “un injerto sobre las teorías didácticas” (según sus palabras) y “la orquestación instrumental”, dando un nuevo marco teórico para analizar la evolución de las tecnologías y de cómo también deberían evolucionar las teorías didácticas<sup>47</sup>.

Sobre la base de los aportes brindados por Trouche (2011), referentes a la instrumentación y a la orquestación, analizamos una experiencia realizada con profesores de matemática. En el contexto de un curso, sustentado en una perspectiva integral de la enseñanza y aprendizaje de la matemática, se resolvieron y analizaron problemas que potencian lo dinámico e interactivo que ofrece un software de geometría dinámica, como GeoGebra, para la gestión de la clase de matemática<sup>48</sup>. Por cuestiones de espacio, en esta comunicación sólo referenciaremos algunos de los problemas trabajados, seleccionados por la pertinente relación entre los análisis didácticos realizados sobre las producciones y el marco teórico tomado como referencia. Puntualizaremos cuáles son sus aspectos teóricos clave.

## 2. Aportes teóricos

Trouche (2011) expresa que basa sus trabajos en tres marcos teóricos básicos. Ellos son: Teoría de las Situaciones Didácticas (con referente en Brousseau); Teoría de los Campos Conceptuales (con referente en Vergnaud, en especial por su noción de esquema); Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) (con referente en Chevallard, por su base en las prácticas o *praxeologías*<sup>49</sup> que se desarrollan en las instituciones, a diferencia de los anteriores que tienen enfoques cognitivos.

Artigue (2003), puntualiza que los enfoques antropológicos y socio-culturales parecen ser más sensibles al papel que desempeñan los instrumentos en la actividad matemática. Pero que estas cuestiones técnicas, al ser instrumentadas por la tecnología computacional, cambian, y este cambio modifica también las técnicas matemáticas relacionadas con esta implementación, produciendo un conocimiento matemático mediado por la tecnología.

Trouche (2004) trata esta problemática, teniendo como idea básica que el desarrollo de herramientas afecta profundamente la condición de la actividad humana y, que el desarrollo de la Matemática tiene dependencia de las herramientas materiales y simbólicas disponibles.

Precisaremos el significado de algunos términos que se utilizarán en este contexto de trabajo.

- Utilizaremos la palabra **herramienta** en lugar de “máquina”. Puesto que la palabra “máquina” incluye idea de complejidad y de manufactura industrial, en cambio **herramienta** es más general: un martillo es una herramienta, un compás es una herramienta, una calculadora es una herramienta.

---

<sup>47</sup> El título del Seminario fue “*Entornos informáticos y enseñanza de la matemática; un nuevo enfoque teórico para comprender el trabajo de los profesores*”, en el marco de la V Escuela en Didáctica de la Matemática, organizada por CEDE – UNSAM.

<sup>48</sup> El curso fue dictado dentro del Programa de Fortalecimiento de Escuelas Técnicas de YPF, Argentina durante el año 2011.

<sup>49</sup> Las prácticas o praxeologías se describen en términos de técnicas utilizadas para resolver esas tareas y, además el razonamiento sobre esas prácticas, conforman las tecnologías y las teorías. Con lo cual, en este contexto la palabra tecnología adquiere otro significado.

- Cuando nos referimos a una **herramienta** y no consideramos al usuario y sus usos, estaremos hablando de un **artefacto**. Para Rabardel (1995) un **artefacto** es una cosa que puede sufrir una transformación de origen humano. Además, este autor establece la diferencia entre **artefacto**, de un determinado objeto, y un **instrumento** como una construcción psicológica, puesto que no existe en sí mismo, se transforma en instrumento cuando el sujeto es capaz de apropiárselo y de integrarlo a sus actividades. Por lo que la **génesis instrumental** funciona en dos direcciones. La primera se dirige se dirige hacia el artefacto, para dotarlo de potencialidades y transformarlo para las aplicaciones específicas; se lo llama la **instrumentalización** del artefacto. En la segunda dirección, esta génesis se dirige hacia el sujeto y conduce al desarrollo o a la apropiación de los esquemas de la acción instrumentada, que de un modo progresivo permiten una respuesta eficaz a las tareas dadas; es lo que propiamente se llama **instrumentación**. Según explica Trouche (2004), la génesis instrumental, es un proceso complejo, necesita tiempo, y se relaciona tanto con las características del artefacto (sus límites y potencialidades) como con el sujeto que desarrolla la actividad, con su conocimiento y su antiguo método de trabajo.
  - Al integrar los artefactos desde una intervención didáctica, es necesario pensar *a priori* en la disposición de éstos en el aula y de cómo organizarlos para explotarlo mejor en función de la actividad a realizar. A este proceso de pensar una gestión didáctica de los artefactos disponibles en relación con los objetivos didácticos, es lo que Trouche (2003, 2011) llama **orquestación instrumental**. Si bien los procesos de la génesis instrumental son construcciones individuales del sujeto, Trouche (2004) reconoce tanto aspectos individuales, como colectivos en el desarrollo de la misma, la orquestación instrumental es, entonces, la estrategia que logra movilizar estos aspectos colectivos.

### 3. Utilización y/o incorporación de herramientas tecnológicas. Del artefacto al instrumento.

Conforme con lo expuesto en párrafos anteriores, consideramos que es posible caracterizar a, por lo menos, tres objetos como artefactos al inicio del curso dictado a profesores: la computadora, el mouse y el software GeoGebra.

La computadora era un artefacto para algunos profesores puesto que era la primera vez que interactuarían con la misma. Es decir que necesitarían de ese tiempo o proceso del que habla Rabardel para apropiarse del artefacto e integrarlo a sus actividades, en este caso matemáticas.

En la mayoría de las construcciones que se realizan con GeoGebra, se hace necesaria una precisión en la selección de objetos libres (puntos, rectas, etc.) para analizar el dinamismo de las transformaciones en tiempo real. Si bien esta selección se puede realizar mediante una combinación de teclas, o desde el touch pad de la computadora, se dificulta de un modo considerable la realización de las construcciones o procesos requeridos. Es por eso que el mouse puede sufrir esa transformación artefacto - instrumento, puesto que la noción de instrumento está ligada a una tarea, que a su vez se asocia con un objeto. Por lo que el instrumento (mouse) autoriza al usuario (profesor, alumno) a actuar sobre el objeto (construcción, tarea en general).

Luego, a GeoGebra podemos considerarlo en términos de artefacto, puesto que podríamos haber elegido otro software. Pero, éste es un software libre que, al ser construido para la enseñanza, nos permite pensar y repensar las actividades a realizar

para que justamente se potencie esa diferencia artefacto – instrumento. Su empleo posibilita visualizar tanto la imposibilidad de solución como analizar la multiplicidad de las mismas. De este modo, se favorece el desarrollo de un trabajo matemático que supera la perspectiva clásica centrada en respuestas únicas a los problemas planteados.

Además, tiene una interfaz que permite modificar o **Personalizar Barra de Herramientas**<sup>50</sup>, ocultando opciones de dicha barra. De este modo, quedan a disposición sólo aquellas que seleccionamos en función del trabajo matemático que deseamos que se desarrolle. En el curso les propusimos a los profesores que abrieran un archivo y luego resuelvan el problema: “Una vía de ferrocarril pasa cerca de dos pueblos A y B ¿Dónde habrá que construir la estación para que esté a igual distancia de A que de B?”

Ellos no sabían con lo que se encontrarían en el archivo de GeoGebra, pero sí sabían lo que tenían que realizar para resolver el problema: construir una mediatriz, que es una herramienta directa que provee el software. Entonces, al ser modificada la barra con anterioridad, tuvieron que apelar a otros caminos de construcción posible de la mediatriz. Utilizaron diferentes procedimientos con las herramientas: circunferencia dado centro y un punto, segmento dado extremo y longitud, punto medio de un segmento, etc. Así, las distintas herramientas que ofrece GeoGebra, fueron combinadas y adaptadas en función de la tarea propuesta.

En otro de los encuentros del curso, se les dejó una actividad para que fuera pensada por ellos y que sería discutida/analizada en el próximo: *Indiquen, si es posible o no, realizar la siguiente construcción: “Una recta tangente a dos circunferencias.” Fundamenten la respuesta.*

Una profesora del grupo, con una formación básica de técnica<sup>51</sup>, buscó en Internet y encontró un video en Youtube, que explicaba el proceso de construcción con regla y compás. Luego, “reprodujo” dicha construcción con las herramientas que brinda GeoGebra. En el encuentro, después de la sorpresa que produjo entre sus compañeros y profesores esta exploración, analizamos entre todos, la fundamentación de esa construcción y, si habría variantes de la misma. Puede pensarse que esta búsqueda y adaptación de la actividad solicitada, forman parte del proceso de transformación del artefacto (Internet, Youtube, regla, compás, etc.) en herramienta. Además, esta interacción de medios tecnológicos desplegada en la actividad produjo que el ambiente del curso estuviera propicio para introducir el tema de la producción de applets (archivos con formato de página Web). Esta herramienta en GeoGebra, sólo necesita exportar el archivo creado con ese formato específico<sup>52</sup>. Los profesores quedaron sorprendidos y, pensamos que no se habían imaginado lograr estos applets (artefacto), que se convertirían en una herramienta a utilizar en sus producciones matemáticas.

Lo expresado en los párrafos anteriores contempla un aspecto del proceso de génesis instrumental. El que se refiere a la **instrumentalización**. En ese proceso, el sujeto se apropia de las propiedades iniciales del artefacto (computadora, mouse, software en general), se adapta a él. Pero también el sujeto puede construir nuevas funciones del artefacto, adaptándose éste a su usuario. En este proceso, que dirige el sujeto, tenemos

---

<sup>50</sup> El término herramienta, referido a un elemento de GeoGebra, creemos que se adapta a su significado dentro del contexto de la génesis instrumental.

<sup>51</sup> Se aclara esto porque ella misma lo enfatizó, queriendo remarcar que recordaba haber realizado esta construcción en la materia Dibujo Técnico como un algoritmo y, ahora se lo planteaba desde otro punto de vista. Como la posibilidad de realizar una construcción. Un posible video puede ser: <https://www.youtube.com/watch?v=83TkLCdvVDU>

<sup>52</sup> Al momento de dictarse el taller (año 2011), las versiones de GeoGebra permitían exportar los archivos en versión html, pudiendo luego compartirllos en formato applet en cualquier sitio Web.

entonces varias etapas: la del descubrimiento y selección de teclas importantes (en GeoGebra, puede ser **Elige y Mueve**, que da el dinamismo a las construcciones), la de ajuste a las necesidades personales (uso de mouse, no activar la **Ventana Algebraica** para construcciones de geometría euclidiana, búsqueda en Internet) y, la de transformación de la herramienta (modificación de la barra, creación de herramientas personales<sup>53</sup>).

En las apreciaciones de este apartado pudimos reflejar lo expuesto por Trouche (2004, 293), respecto de la instrumentalización: *“Es la expresión de la actividad específica de un sujeto: sobre lo que el usuario piensa en relación para lo que fue construido el artefacto y cómo debe ser utilizado: la elaboración de un instrumento ocurre en su uso. La instrumentalización conduce así al enriquecimiento de un artefacto o a su empobrecimiento.”*

#### **4. La gestión de la clase para potenciar lo dinámico e interactivo que ofrece el software. El tiempo de la instrumentación y la orquestación.**

Los dos procesos que conforman la génesis instrumental, como ya dijimos, se diferencian por la orientación de la actividad: en el proceso de instrumentalización, está orientada hacia la componente artefactual del instrumento y, en el de instrumentación está volcada hacia el sujeto mismo. La actividad de los sujetos se inscribe, entonces, en una tensión entre, por un lado, lo anticipado, lo normativo, lo pre-organizado por el artefacto y sus modos de operarlo, y por otro lado, los esfuerzos del sujeto por reelaborar, re-estructurar, re-singularizar los artefactos y las modalidades de uso en términos de instrumentos de su propia actividad. En este apartado detallaremos cuestiones pertinentes a la instrumentación, que se produjo tanto en los asistentes al curso como en los que lo dictábamos y por eso lo relacionaremos con el proceso de la **orquestación instrumental**.

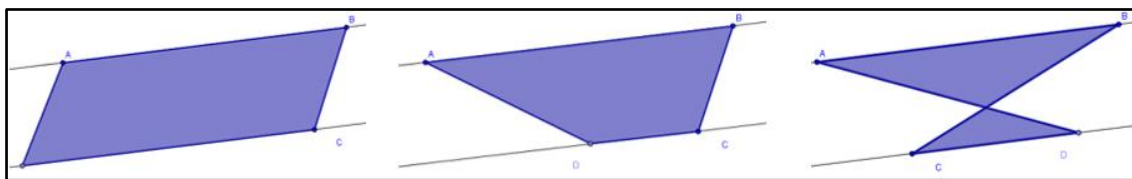
Los profesores tenían que resolver esta actividad: “Realicen, de ser posible, las siguientes construcciones:

- Un cuadrilátero que no sea paralelogramo y que tenga dos lados opuestos iguales.
- Un cuadrilátero que no sea paralelogramo y que tenga dos lados opuestos paralelos.
- Un cuadrilátero que no sea paralelogramo y que tenga dos lados opuestos iguales paralelos.

*A partir de lo construido, ¿cuáles son las condiciones necesarias y suficientes para que un cuadrilátero sea un paralelogramo?”*

En la resolución se presentaron muchas variantes de solución. Construcciones guiadas por la cuadrícula, que luego al mover sus extremos libres ya no se obtiene la figura requerida. Propuestas con casos particulares, analizando qué herramientas daban a las construcciones requeridas un mayor grado de generalidad, como por ejemplo para construir dos si era conveniente utilizar la herramienta **Segmento dados Punto Extremo y Longitud** o bien **Compás**. También consideraron, en esa multiplicidad de soluciones que, al manipular la figura a partir del desplazamiento de los vértices del cuadrilátero, en determinado momento se obtendrá como caso particular un paralelogramo. ¿Esa posibilidad hace que la construcción sea «menos confiable»? ¿Se debe buscar otro procedimiento de construcción? Se preguntaron: ¿qué ocurre cuando las líneas «se cruzan» y ya no se obtiene un cuadrilátero convexo?, ¿eso invalida la resolución?, ¿es una construcción que cumple con las condiciones planteadas o no?

<sup>53</sup> En GeoGebra, se llama creación de **Nueva Herramienta**.



**Imagen 1:** Construcciones dinámicas de los cuadriláteros propuestos en la actividad

Estas cuestiones y otras, que pueden surgir de las transformaciones a las que se ven sometidos los cuadriláteros construidos con Geogebra, permiten la elaboración de argumentos que enriquecen los conceptos matemáticos puestos en juego. Las discusiones/análisis que se promovieron desde la actividad planeada pero también fruto de la apropiación de parte de ellos de las potencialidades y limitaciones del software GeoGebra, permitió que, en varios momentos del desarrollo del curso, la clase se convirtiera en un laboratorio de investigación (Trouche, 2009), porque cada uno participa en la construcción de los nuevos objetos del saber. Este dinamismo e interacción de intervenciones y producciones, se convierte en una complejidad para nuestra tarea, como profesores en este caso, puesto que no siempre podemos tener en cuenta, o no lo hemos anticipado, algunos resultados de los alumnos (profesores también, en este caso) y que todos quieren aparecer en la pantalla común de la clase.

Pensamos que estas cuestiones ponen en evidencia los aspectos sociales de la génesis instrumental y también, la riqueza de las improvisaciones de los alumnos/profesores.

Es oportuno mencionar, que la disposición o configuración de los artefactos (computadoras, cañón, pantalla, asientos, etc.) permitían ese trabajo colaborativo, además de una libre circulación de todos los participantes dentro del aula/laboratorio. Señala Trouche (2011) respecto de la orquestación, que se la debe pensar como un medio de aprendizaje y, entonces, gestionar los artefactos disponibles en relación con el problema matemático, su resolución y los objetivos que se pretenden lograr.

## 5. Conclusiones

En este trabajo, hemos reflexionado sobre los aportes producidos por un grupo de profesores respecto de la relación Matemática – TIC, refiriéndonos a la complejidad de las relaciones entre el trabajo conceptual y el técnico, donde cuestiones vinculadas con la génesis instrumental tienen un papel predominante.

A su vez, la complejidad y variedad de los procesos de génesis instrumentales individuales y colectivas generan la necesidad de analizar y reflexionar acerca de las orquestaciones posibles en función de los propósitos de la clase, de los artefactos disponibles para su explotación didáctica. Por eso Trouche (2011), puntualiza que con herramientas más complejas, a disposición permanente de los estudiantes, surgirán nuevos fenómenos didácticos y cuando los profesores tengan la obligación de integrar estas herramientas, surgirán dificultades didácticas, siendo entonces necesario proponer nuevos acercamientos teóricos.

## 6. Referencias bibliográficas

Artigue, M. (2003). *Aprendiendo matemáticas en un ambiente CAS: la génesis de una reflexión sobre la instrumentación y la dialéctica entre el trabajo técnico y el*

- conceptual*. Université Paris 7 Denis Diderot & IREM. Disponible en: <http://www.mat.uson.mx/calculadora/artigue.htm>
- Cicala, R., Ferragina, R. y Lupinacci, L. (2011). *Introducción al manejo del software de geometría dinámica GeoGebra. Resolución de problemas geométricos y geométrico-algebraicos*. Programa de Fortalecimiento de Escuelas Técnicas. YPF. Argentina.
- Rabardel, P. (1995). *Les Hommes et les Technologies*. Paris: Armand Colin.
- Trouche, L. (2003). Construction et conduit des instruments dans les apprentissages mathématiques: nécessité des orchestrations. Document pour l'Habilitation à Diriger des Recherches. Université Paris VII.
- 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* Países Bajos: Kluwer Academic Publishers, 281-307.
- Trouche, L. (2009). Recursos para procesar, aprender, enseñar el cálculo: nuevos modos de concepción y difusión. *Tercer Encuentro Internacional sobre la Enseñanza del Cálculo*. Saltillo (CUA). Disponible en: [http://educmath.inrp.fr/Educmath/recherche/approche\\_documentaire](http://educmath.inrp.fr/Educmath/recherche/approche_documentaire)
- Trouche, L. (2011). Entornos informáticos y enseñanza de la matemática; un nuevo enfoque teórico para comprender el trabajo de los profesores. *V Escuela en Didáctica de la Matemática*. Universidad Nacional de San Martín.