

# ENFOQUES TEÓRICOS EN INVESTIGACIÓN CON TECNOLOGÍA EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA

**Daysi Julissa García-Cuéllar**

Pontificia Universidade Católica de São Paulo. (Brasil)

ra00193072@pucsp.edu.br, garcia.daysi@pucp.pe

## Resumen

Existen diversas investigaciones en educación matemática que centran su estudio en el uso de las tecnologías, las cuales nos hace reflexionar sobre: ¿Qué enfoques teóricos se utilizan en investigaciones en educación matemática? La conferencia especial tuvo por objetivo dar a conocer diferentes enfoques teóricos que son utilizados en investigaciones en Educación Matemática para la integración de tecnologías en la enseñanza y aprendizaje. Se abordarán antecedentes y conceptos centrales de los enfoques de Transposición Informática, Enfoque Instrumental y la Orquestación Instrumental.

**Palabras clave:** transposición informática; enfoque instrumental, orquestación instrumental, tecnologías

## Abstract

There are several researches in mathematics education that focus their study on the use of technologies, which makes us reflect on: What theoretical approaches are used in mathematics education researches? The special lecture aimed to present the different theoretical approaches that are used in mathematics education researches towards the integration of technologies in teaching and learning. The background and central concepts of Information Technology Transformation, Instrumental Approach and Instrumental Orchestration will be tackled.

**Key words:** information technology transformation; instrumental approach, instrumental orchestration, technologies

## ■ Introducción

Las tecnologías están inmersas en diversos ámbitos como el laboral, el cultural, el social y el educativo. Es en este último que las tecnologías generan nuevas formas de trabajo, recursos, procesos de enseñanza y aprendizaje. Por ello, se presenta la necesidad de investigar el uso de las TIC en el aula.

Para Gallegos y Peña (2012), la integración y la utilización de las TIC es el centro de muchas investigaciones en Educación Matemática.

La integración y utilización de las TIC en el proceso educativo de matemáticas es un asunto que viene ocupando el trabajo de los investigadores en Educación Matemática. La investigaciones tratan de determinar los posibles beneficios que la utilización de las TIC conlleva, así como diversas metodologías y entornos interactivos multimedia de aprendizaje

que produzcan mejoras en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Gallegos et al. 2012, p.11).

El presente trabajo se propone abordar algunos enfoques teóricos que son usados en investigaciones con la integración de las tecnologías a los procesos de enseñanza y aprendizaje en matemática. La discusión se centrará en la pregunta: ¿Qué enfoques teóricos se utilizan en investigaciones en educación matemáticas y de qué ofrecen dichos enfoques?

### ■ Enfoques teóricos

A continuación se presentan los antecedentes y conceptos centrales de tres enfoques teóricos sobre la integración de las tecnologías en Educación Matemática, estos son: La Transposición Informática de Balacheff (1994), el Enfoque Instrumental de Rabardel (1995) y la Orquestación Instrumental de Trouche (2004).

#### Transposición informática

Balacheff (1994), crea este enfoque a partir de la Inteligencia Artificial de Bruillard (1991) y Transposición Didáctica de Chevallard (1991).

El objetivo práctico de la Inteligencia Artificial (IA) es el diseño e implementación de dispositivos informáticos cuyo comportamiento parece inteligente, es decir, que la observación del sistema llevaría a pensar que su comportamiento está guiado por el razonamiento. El desafío de IA en el campo de la didáctica es crear condiciones favorables para la construcción del estudiante de un conocimiento aceptable con referencia a un objeto de instrucción y proporcionar información relevante.

En cuanto a la Transposición Didáctica, tiene por objeto de estudio del saber, el saber matemático que tiene un lugar en el Edificio Matemático (saber sabio o erudito), que no es el mismo en el que se sitúa en la matemática escolar (Saber enseñado). La distancia que hay entre ambos saberes, se produce por la serie de transformaciones que los hacen accesible a un determinado nivel. Considerando que el saber del profesor y su relación con el saber sabio es base de este estudio, Chevallard dice:

“El profesor tiene que enseñar una parte del “saber sabio o erudito”, del cual los matemáticos profesionales e investigadores puros son sus poseedores y fabricantes. La sociedad demanda enseñar una parte de este saber, lo que supone que ella debe tener utilidad social. Para responder a esta demanda, es necesario transformar el conocimiento para que se vuelva enseñable a un nivel dado. Este punto es clave en cuanto a que el profesor debe cuestionarse acerca de su relación con el saber a enseñar, así como con el saber erudito”

Para Balacheff (1994) el desarrollo de ambientes informáticos y la introducción de las tecnologías en las escuelas trae nuevas Transformaciones. El autor introduce el término de Transposición informática para hablar del tratamiento del conocimiento que permite representarlo e implementarlo en dispositivos informáticos.

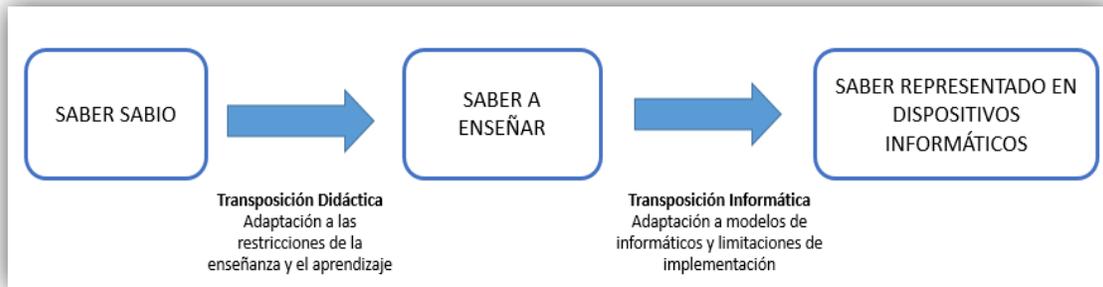


Figura 1. Esquema que explica cómo se relaciona la transposición didáctica y la informática. (Elaboración propia)

Para el autor una “representación del mundo” no es el “mundo” Por ello, diferencia tres universos relacionados con un dispositivo informático:

- *El universo interno*: Representación operativa por lenguajes de programación, dispositivo informático
- *La interfaz* como un lugar de comunicación entre el usuario y el dispositivo informático
- *El universo externo*, en el que se encuentra el usuario y donde posiblemente sea accesible otros dispositivos

La figura 2, se muestra un ejemplo que da Balacheff sobre estos tres universos.

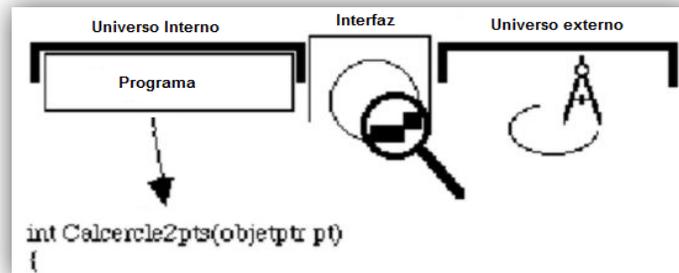


Figura 2. Tres universos relacionados con un dispositivo informático. Balacheff (1993).

La figura muestra el ejemplo del círculo. En el *universo interno*, asociado a líneas de programa en un idioma dado, esta representación sufre restricciones específicas de este idioma y la forma en que se implementa. En *la interfaz*, el círculo es un conjunto de píxeles en un estado particular, por ejemplo negro en una pantalla en blanco. Dependiendo de las características de la pantalla, el diseño del círculo producido por el dispositivo informático se percibirá más o menos como un círculo en el sentido común. De hecho, en cualquier caso, es un conjunto complejo de píxeles que no se refiere a ningún conjunto de líneas en el sentido habitual de la geometría. En el *universo externo*, el círculo es una entidad cuya naturaleza está vinculada a los modos de representación y tratamiento disponibles, pero también a las clases de situaciones asociadas con él.

### Aspectos del Enfoque Instrumental

Este enfoque surge a partir de la Ergonomía cognitiva de Rabardel (1995) y la Teoría Antropológica de lo didáctico de Chevallard (1999).

El Enfoque Instrumental aborda la dimensión tecnológica de la Educación Matemática, articulando los aspectos importantes de la integración tecnológica en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

Salazar (2009), en su investigación, presenta las nociones claves de este Enfoque son las siguientes:

*Esquema*: Es una organización invariante de la conducta del sujeto para una clase determinada de situaciones.

*Artefacto*: Es un objeto material o simbólico, destinado a dar sustento a la actividad del sujeto en la ejecución de un cierto tipo de tarea.

*Instrumento*: Es lo que un sujeto construye a partir del artefacto (figura 3); es entonces una entidad mixta que contiene a la vez un artefacto, material o no, y esquemas de utilización construidos por el sujeto durante su interacción.



Figura 3. Componentes de un instrumento. Tomado de García-Cuéllar (2014)

De acuerdo con Rabardel (1995), el Enfoque Instrumental estudia la diferencia que existe entre el artefacto, instrumento y los procesos que desenvuelven la transformación progresiva del artefacto en instrumento, transformación que denominó como proceso Génesis Instrumental. El autor considera tres polos importantes en la Génesis instrumental, estos son: *el sujeto*, que puede ser un usuario, operario, trabajador o agente; *el instrumento*, que se refiere de la herramienta, máquinas, sistemas, utensilio, etc.; y *el objeto*, al cual va dirigida la acción con ayuda del instrumento, este puede ser la materia prima, objeto de la actividad o trabajo.

El investigador sostiene que el instrumento no existe en sí, sino que es el resultado de asociar el artefacto a la acción del sujeto, como medio para la misma. El autor señala que el artefacto pasará al estado de instrumento, cuando el sujeto le asigne los esquemas de utilización correspondientes.

En cuanto a la Génesis Instrumental, esta consta de dos dimensiones: La instrumentalización y la instrumentación.

Los procesos de *instrumentalización* están dirigidos hacia el artefacto: selección, agrupación, producción e institución de funciones, usos desviados, atribuciones de propiedades, transformaciones del artefacto, de su estructura, de su funcionamiento, etc. [...] los procesos de *Instrumentación* están relacionados con el sujeto: con la emergencia y evolución de los esquemas sociales de utilización y de acción instrumentada: su constitución, su evolución por acomodación, coordinación y asimilación recíproca, la asimilación de artefactos nuevos a los esquemas ya constituidos, etc. (Rabardel, 1995, p. 215).

Por lo anterior, las dos dimensiones de la Génesis Instrumental, dependen de su orientación:

*La instrumentalización* está dirigida hacia la parte artefactual del instrumento, consta del enriquecimiento de las propiedades del artefacto por parte del sujeto. Es decir, es el resultado de la atribución de una función al artefacto por parte del sujeto.

*La instrumentación* está dirigida hacia el sujeto. Se refiere a la construcción de esquemas de uso por parte del sujeto, relativos a la ejecución de ciertas tareas. En este proceso se lleva a cabo la asimilación de nuevos artefactos a los esquemas y la acomodación de los esquemas para dar nuevos significados a los artefactos.

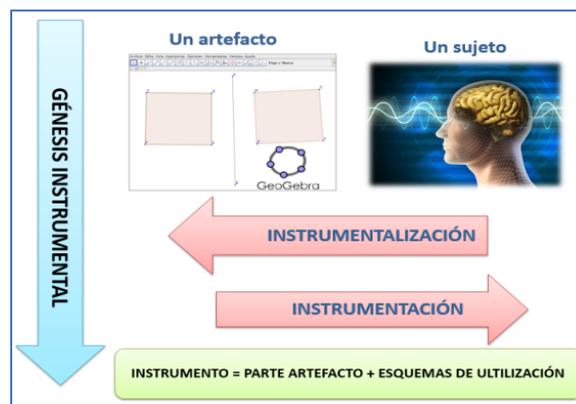


Figura 4. El proceso de Génesis Instrumental. (Elaboración propia)

En ese sentido, Trouche (2016) sostiene que estas dos dimensiones de la Génesis Instrumental no son independientes una de la otra, sino que son entrelazadas. Pero, para distinguirlos en el análisis, se puede focalizar por un lado en el estudiante (¿En qué medida la integración de un nuevo artefacto modifica la forma de su actividad?), y por otro lado, en el artefacto (¿En qué medida este aporta al vestigio de la actividad del estudiante, de su poder creativo?).

El Enfoque Instrumental se basa en la noción de esquema de Vergnaud (1996), para este último un esquema:

- Es una organización invariante de la actividad para una clase de situación dada.
- Está formado necesariamente por cuatro componentes:
- - ✓ Un objetivo, sub-objetivo y anticipaciones
  - ✓ Reglas de acción, formada de informaciones y control
  - ✓ Invariantes operatorios (reglas de acción y teoremas en acción)
  - ✓ Posibilidades de inferencias en una situación

Rabardel (1995), a partir de esta noción de esquema, define los esquemas de utilización como el conjunto estructurado de las características generalizables de la acción que permiten repetir la misma acción o aplicarlas en nuevos contextos. Estos esquemas, a la vez, pueden ser clasificados en esquemas de uso (dirigidas a tareas secundarias), esquemas de acción instrumentada (dirigidas a la tarea principal o primaria) y esquemas de acción colectiva instrumentada (cuando el colectivo comparte el mismo instrumento o trabaja con la misma clase de instrumento, buscando alcanzar una meta en común).

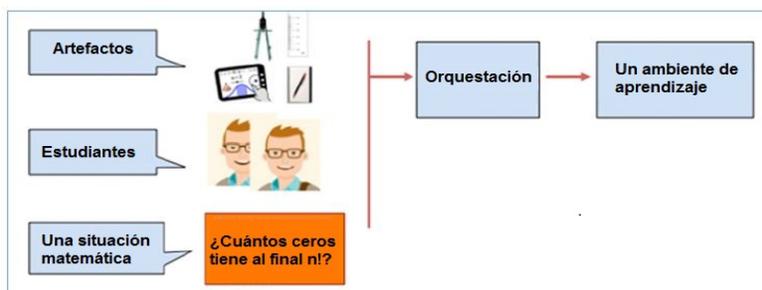
## Orquestación Instrumental

El enfoque de la Orquestación Instrumental surge a partir del Enfoque Instrumental, es por ello que los términos artefacto, instrumento, esquemas de utilización, instrumentalización, instrumentación y génesis instrumental, tienen el mismo sentido que se definió en la segundo Enfoque teórico tratado en este escrito.

Trouche (2004) utiliza la noción de Orquestación de manera metafórica con el propósito de describir la gestión que hace el profesor de los instrumentos individuales en los procesos de aprendizaje colectivo, en el sentido de que las génesis instrumentales necesitan ser monitoreadas por el profesor a través de la orquestación de situaciones matemáticas.

Según el Trouche (2005), una Orquestación Instrumental es el arreglo sistemático e intencional de los elementos (artefactos y seres humanos) de un ambiente, realizado por un agente (profesor) con el fin de hacer efectiva una situación dada y, en general, guiar a los aprendices en las génesis instrumentales y en la evolución y equilibrio de sus sistemas de instrumentos. Es sistemático porque como método, se desarrolla en un orden definido y con un foco determinado, pudiendo ser entendido con un arreglo integrado a un sistema; es intencional porque una orquestación no describe un arreglo existente (siempre existe uno), pero apunta a la necesidad de un pensamiento a priori de ese arreglo.

Una Orquestación Instrumental, se refiere entonces a los estudiantes, a los artefactos y a la situación matemática, así como una orquestación musical se refiere a los músicos, a los instrumentos ya una partitura musical. Permite crear un medio (en términos de Brousseau) para el aprendizaje.



*Figura 5. Componentes de una Orquestación Instrumental. Luc Trouche (2016)*

El autor, manifiesta que, concebir una Orquestación Instrumental consiste en dos elementos: una configuración didáctica y un modo de explotación.

- Configuración didáctica es un arreglo particular (una arquitectura) de los estudiantes y de los artefactos. Trouche, presenta una configuración, indicada como emblemática, la configuración del estudiante-sherpa (figura 6). Los artefactos de los estudiantes son las calculadoras, los artefactos del profesor son la pizarra, una pantalla de proyección, un retroproyector y un cable que conecta la calculadora a la pantalla de proyección. La configuración del estudiante-sherpa se refiere a un papel particular dado a ese estudiante que consiste en proyectar en la pantalla lo que se hizo con la calculadora, explicando procedimientos y raciocinio adoptados

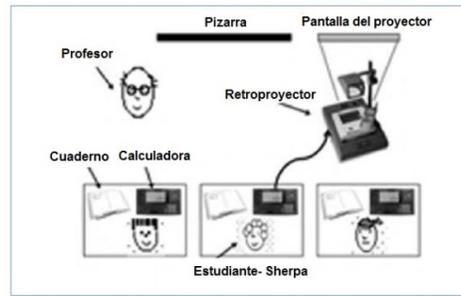


Figura 6. La configuración del estudiante-Sherpa. Trouche (2016)

- Modo de explotación de una configuración didáctica es la manera como el profesor decide explotarla para beneficio de sus intenciones didácticas. Incluye las decisiones sobre la forma en que una tarea es introducida y trabajada, sobre los posibles roles que juegan los artefactos y sobre los esquemas y técnicas a ser desarrollados.

### ■ Conclusiones

La Transposición Informática se centra en reconocer las ventajas y limitaciones de los ambientes informáticos y cómo el conocimiento es transformado a partir del uso de dichos ambientes.

El Enfoque Instrumental, se centra en el proceso de Génesis Instrumental que es la transformación de un artefacto hacia un instrumento por el sujeto. A través de los procesos de instrumentalización (enfocada al artefacto) y la Instrumentación (enfocada al sujeto y a los esquemas de utilización).

La Orquestación Instrumental, centra su mirada en la Gestión de los instrumentos por parte del docente y cómo generar la Génesis Instrumental de sus estudiantes.

Los tres Enfoque se relacionan pues dentro del proceso de la Génesis Instrumental, específicamente en la Instrumentalización, se centra en conocer las ventajas y limitaciones el artefacto, pues es allí donde la Transposición informática aporta para dicho análisis. Y la Orquestación Instrumental amplía el proceso de la Génesis Instrumental pues da configuraciones para poder realizar Génesis colectivas.

### ■ Referencias bibliográficas

- Nicolas Balacheff (1993). *La transposition informatique, un nouveau problème pour la didactique*. Recherches en didactique des mathématiques. pp.364-370, 1993
- Balacheff, N. (1994) *Didactique et intelligence artificielle*. Recherches en Didactique des Mathématiques, La Pensée Sauvage, 1994, 14, pp.9-42.
- Bruillard E. (1991) *Mathématiques et ELAO : une vision hypertexte des environnements d'apprentissage*. Thèse. Le Mans : Université du Maine.
- Chevallard, Y. ; Johsua, M. (1991). *La transposition didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- García-Cuéllar, D. (2014). Simetría axial mediado por el Geogebra: un estudio con estudiantes de primer grado de educación Secundaria. Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5651>
- Gallegos, D y Peña, A. (2012). Las TIC en geometría, una nueva forma de enseñar. Bogotá : Ediciones de la U.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*. Paris :

Armand colin.

- Salazar, Jesús V. F. (2009). *Gênese instrumental na interação com Cabri 3D: um estudo de transformações geométricas no espaço*. (Tesis doctoral). Pontificia Universidade Católica de São Paulo, Brasil.
- 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. (2005). *Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques: nécessité des orchestrations*. Recherches en Didactique des Mathématiques. v.25, pp. 91-138, 2005.
- Trouche, L. (2016). *Compreender o trabalho do professor com os recursos de seu ensino, um questionamento didático e informático*. I LADIMA, Bonito, Brasil.
- Vergnaud, G. (1996). *A teoria dos campos conceptuais*. En Jean Brun (org), *Didáctica das matemáticas*. (pp. 155-189). Lisboa: Horizontes pedagógicos.