

## **Ciencia, Psicogénesis e Ideología**

Curso “Evolución del Pensamiento Científico” a cargo del Profesor Alción Cheroni.  
Se presenta el resumen del trabajo final de Sylvia da Rosa, Instituto de Computación.

### **Resumen**

El trabajo consiste en una descripción interpretativa del capítulo “Ciencia, Psicogénesis e Ideología” del libro de Jean Piaget y Rolando García “Psicogénesis e Historia de la Ciencia”[3].

En el curso “Evolución del pensamiento científico”, hemos visto que alrededor de 1900 se produce una crisis de la ciencia, derivada del desarrollo de las geometrías no euclidianas, entre otras cosas. Se cuestiona el valor de la ciencia básica y Pasteur afirma que no hay tal discusión entre ciencia básica y otras, sino que hay ciencia y sus aplicaciones. Surge una nueva disciplina, **la Epistemología** y cobra auge la discusión epistemológica sobre el carácter del pensamiento científico, la cual se sigue dando hasta nuestros días.

El presente trabajo está basado en un capítulo de uno de los libros de dos grandes epistemólogos, uno de ellos psicólogo y el otro físico, cuya primera edición es del año 1982. Toda la obra de Piaget ha estado consagrada a la creación de una **epistemología genética** y según palabras de una de sus discípulas y más estrechas colaboradoras, Bärble Inhelder, esta obra constituye la tercera y la más importante síntesis epistemológica. Es la última obra de Piaget, ya que enferma y muere poco después de su culminación.

Rolando García se integra al equipo de colaboradores de Piaget, con varios científicos y teóricos, en la etapa de sus investigaciones sobre la Teoría de la Causalidad, que condujo a la obra de Piaget y García “Las explicaciones causales” (1971).

En la obra en la que se basa este trabajo, los autores profundizan en los mecanismos del progreso del conocimiento en el niño, que resultan ser de una naturaleza tan general, que sirven como heurística para un análisis profundo de las secuencias históricas de ciertas evoluciones del pensamiento matemático y físico. Los autores investigan la posible analogía entre los mecanismos de **desarrollos psicogenéticos**, relativos a la evolución de la inteligencia en el niño, y los **desarrollos sociogenéticos**, relativos a la evolución de las ideas directrices de las conceptualizaciones y de las teorías en algunos dominios de la ciencia. A lo largo de los diferentes capítulos los autores presentan ejemplos notables de dicha analogía en relación a la historia de la geometría, el álgebra, la mecánica y los conocimientos físicos en general, tomando como centro del problema al individuo como **sujeto del conocimiento**

En el capítulo del cual se ocupa este trabajo, el estudio se completa retomando el análisis del problema desde otra perspectiva: centrándose en los elementos que constituyen la referencia objetiva del conocimiento, es decir, en el **objeto del conocimiento** no en el sujeto. Los autores muestran que con este cambio de centración logran una síntesis que sirve como esquema explicativo en la interpretación de la evolución del conocimiento, tanto en la escala individual, como en la escala social.

Introducen el concepto de **marco epistémico**, que comprende el aparato conceptual y el conjunto de teorías que constituye la ciencia aceptada en un momento histórico dado y determina de manera predominante las direcciones de la investigación científica. Los autores señalan que el aporte fundamental de la Revolución Científica consistió en plantear una reformulación de los problemas que eran objeto de estudio científico, lo cual contribuyó al cambio de marco epistémico. Analizan la historia de la ciencia como ejemplo claro de la influencia del medio social en el proceso cognitivo.

Nuestras preocupaciones como docentes, se centran en la relación entre el desarrollo científico y la retroalimentación del sistema educativo, es decir, cómo se incorporan las nuevas ideas, conceptos, teorías, que surgen del desarrollo científico, a lo que se transmite a las nuevas generaciones, de las cuales a su vez deriva el desarrollo de la ciencia. Las direcciones del sistemas educativo, como parte del medio social, están fuertemente determinadas por el marco epistémico.

En particular, en lo que se refiere a la educación matemática, es ampliamente reconocido por educadores de varios países del mundo, el hecho de que los estudiantes no adquieren en la enseñanza pre universitaria de matemática, la formación básica necesaria para afrontar estudios universitarios. Las razones aducidas son variadas y varias son también las propuestas para remediar el problema. En algunos países, en los cuales la educación matemática es tema de análisis e investigación, se han desarrollado teorías que estudian el problema tomando como base la epistemología genética de Jean Piaget. Piaget afirma que el desarrollo cognitivo es un proceso de toda la vida y en particular sus estudios sobre el pensamiento matemático abordan todos los aspectos, desde la génesis de los conceptos de número, orden, espacio, etc, hasta las formas más refinadas y avanzadas de las teorías matemáticas. [2]

El centro de nuestro trabajo sobre la relación entre desarrollo de la ciencia y sistema educativo, tiene que ver con la situación derivada de la formulación de los postulados de David Hilbert acerca de la completitud, consistencia y decidibilidad de la matemática alrededor de 1930, y de los trabajos relacionados de Kurt Gödel, Alan Turing y Alonzo Church, los cuales tuvieron una gran influencia en el desarrollo de la ciencia de la computación, formulando nuevos problemas matemáticos.

Como trabajo futuro, nos preguntamos en qué medida los conceptos definidos por Piaget y García en el capítulo que tratamos aquí, pueden ser aplicados al análisis de la situación planteada, sobre todo desde la perspectiva de las repercusiones sobre la educación matemática.

### **El concepto de marco epistémico**

Piaget y García (P&G, en adelante), hacen referencia al concepto de paradigma introducido por Kuhn. Según estos autores, el paradigma según Kuhn es una concepción particular que establece cuál es el tipo de ideal científico, de modelo a seguir en la investigación científica. Dado un lugar y un momento histórico, existe un paradigma dominante que determina los criterios por los cuales una investigación es considerada como científicamente válida.

Ampliando la noción de Kuhn de paradigma, tenemos que en [1] lo define como “una colección de concepciones (explícita o implícita), que tiene un grupo de individuos acerca de el tipo de cuestiones que se deben abordar al conducir una investigación en un campo particular, el tipo de preguntas que deben formularse, la clase de respuestas que deben esperarse y los métodos que deben emplearse en la búsqueda de las respuestas.”

Kuhn también señala que un cambio de paradigma no se produce ni rápida ni fácilmente. Es causado por lo que Kuhn llama una “crisis de estado”, que puede resultar de una de dos situaciones diferentes. Una es que el descubrimiento de un evento es imposible de asimilar en el paradigma presente y se genera la necesidad de un nuevo paradigma.

La segunda situación es el desarrollo de insatisfacción con el paradigma presente debido a la imposibilidad de dar respuestas satisfactorias a preguntas generalmente básicas para el área. De esta forma comienza la búsqueda de un nuevo paradigma. Cualquiera sea la causa, la crisis de estado continúa hasta que la comunidad pueda arribar a un acuerdo sobre alguna alternativa. Así, la insatisfacción con un paradigma particular puede incrementarse durante un largo período de tiempo hasta un momento en el cual ocurre

una “revolución científica”, en la cual las concepciones cambian drásticamente y rápidamente. P&G introducen el concepto de marco epistémico y afirman que es más general y engloba al de paradigma. Dentro de un mismo marco epistémico puede ocurrir un cambio de paradigma: ciertas líneas de investigación se destacan en detrimento de otras. Un cambio de marco epistémico se produce cuando, por ejemplo, la profundización de un tema lleva a descubrimientos que permiten la adquisición de instrumentos para abordar problemas hasta entonces inaccesibles y/o la formulación de nuevas preguntas que modifican la perspectiva desde la cual se conduce la investigación.

P&G consideran que el concepto de paradigma de Kuhn, así como conceptos similares de otros autores, están vinculados más a la sociología del conocimiento que a la epistemología, a la cual se vincula el concepto de marco epistémico. ¿Por qué? Porque hay fundamentalmente un punto no tratado por los autores que se han ocupado de la ideología en la ciencia: el de los **mecanismos de acción** de concepciones o creencias de cierto grupo social (en este caso, la comunidad científica), en el desarrollo cognitivo de un individuo. Este tema es para P&G justamente el punto central del pasaje de la sociología del conocimiento a la sociogénesis del conocimiento.

En cuanto al análisis de la relación entre ciencia y sociedad, P&G consideran importante distinguir entre el favoritismo de temas en virtud de sus aplicaciones prácticas y no por razones vinculadas a alguna concepción epistemológica, (por ejemplo, la energía nuclear se desarrolló a causa de sus aplicaciones en la guerra) y la aceptación o rechazo de conceptos o ideas o temas en cierto momento histórico, por estar fuera o dentro del aparato conceptual que la comunidad científica considera válido.

Como ejemplo de esto último podemos señalar a la mecánica de Newton, que tardó años en ser aceptada y que luego pasó a ser “el modelo”. Esto lo vimos en el curso: “con la revolución industrial y la expansión de los ferrocarriles, la física pasó a ser la imperialista de las ciencias. Su modelo se impone a todas las ciencias, aún las sociales: El Capital de Karl Marx comienza citando a la física” (cita de los apuntes del curso).

Esto coincide con lo que dicen P&G sobre la “imposición de un paradigma”. A este tipo de paradigma, que se impone a partir de normas socialmente establecidas, P&G lo llaman *paradigma social* en oposición a lo que llaman *paradigma epistémico*, que es transmitido sin imposición externa explícita, tan naturalmente como se transmite el lenguaje de una generación a otra. Es una concepción que ha pasado a ser parte inherente del saber aceptado.

¿Cuál es el mecanismo por el cual actúa un paradigma epistémico? P&G describen este mecanismo a través de un ejemplo sobre las concepciones del mundo imperantes en Grecia y en China en la época aristotélica. Mientras en la primera, la idea de movimiento sin intervención de una fuerza externa era considerada absurda, para los chinos, el movimiento continuo era el estado natural de las cosas. Las dos concepciones diferentes del mundo llevaron a explicaciones físicas diferentes. Las diferencias no eran ni de metodología ni científicas, eran de carácter ideológico, traducidas a marcos epistémicos diferentes.

El estatismo de los griegos fue un obstáculo ideológico, no científico. La ruptura definitiva con el pensamiento aristotélico en los siglos XVI y XVII será una ruptura ideológica que conducirá a la introducción de un marco epistémico diferente y finalmente a la imposición de un nuevo paradigma epistémico.

P&G comparan también su posición con la de Gastón Bachelard (GB), que fue el primero en hablar de obstáculo epistemológico y ruptura epistemológica. Una diferencia entre ambas posiciones consiste en que GB identifica como el mayor obstáculo epistemológico al irracionalismo precientífico, mientras que P&G creen que hay continuidad entre pensamiento precientífico y pensamiento científico, desde el punto de vista de los mecanismos en juego en el proceso cognoscitivo, que son los mismos. Consideran que hay ruptura cada vez que se pasa de un estadio a otro, tanto en la ciencia como en la psicogénesis.

Para P&G, en cada momento histórico predomina un cierto marco epistémico, producto de paradigmas sociales y epistémicos, que una vez constituido pasa a actuar como una ideología, que condiciona el desarrollo ulterior de la ciencia. Dicha ideología funciona como obstáculo epistemológico que no permite desarrollo alguno fuera del marco conceptual aceptado. Sólo en los momentos de crisis, de revoluciones científicas, hay una ruptura de la ideología dominante y se pasa a un estadio diferente con un nuevo marco epistémico.

A continuación P&G muestran otras formas de relación entre la ideología y las concepciones científicas, más directamente ligadas a hechos de carácter político y/o sociales. Luego describen la polémica desatada en torno a la posición de Kuhn y su concepto de paradigma, en especial refiriéndose a las posiciones de historiadores-filósofos como Popper, Lakatos, Feyerabend, N. Russell Hanson y Stephen Toulmin. P&G destacan el mérito que los autores citados tuvieron en la demolición del análisis realizado por el neopositivismo para dar cuenta del conocimiento científico. También ponen en evidencia sus propias divergencias con los autores citados, sugiriendo que el meollo de la polémica se encuentra en una mala formulación de los problemas sobre los cuales discrepan.

Finalmente, P&G retoman su hipótesis, ya formulada en la Introducción de esta obra, que resumimos de la siguiente manera:

- La existencia de una continuidad funcional en el desarrollo del sistema cognitivo, que incluye las discontinuidades del pasaje de una estructura a otra y la reequilibración del sistema en una estructura de orden superior.
- La existencia de dos caracteres reconocibles en todo conocimiento científico:
  - a) inconsciencia de su propio mecanismo y
  - b) devenir continuo en su construcción.

Los puntos a) y b), llevan a la conclusión fundamental de la epistemología de P&G : la fuente de todo conocimiento debe buscarse, por pasos sucesivos, hasta el nivel mismo de la acción.

Por último señalan que este “remontarse hasta el nivel de las acciones” no significa (como muchas veces se ha criticado a Piaget), considerar el desarrollo del sujeto frente a los objetos, dados independientemente de todo contexto social. Por el contrario, en la interacción dialéctica entre el sujeto y el objeto, el objeto se presenta inmerso en un sistema de relaciones con características muy diversas. En el proceso de interacción, ni el sujeto ni el objeto son neutros.

Cómo se relaciona el proceso cognitivo en acción con la influencia del medio social ?

Por un lado están los mecanismos de adquisición de conocimientos que un sujeto tiene su disposición y por otro, la forma en que es presentado el objeto que va a ser asimilado a tal sujeto. La sociedad modifica la última, pero no los primeros. Los mecanismos de adquisición de conocimientos sobre los objetos, son propios de la especie biológica humana, independientes de cualquier influencia social, mientras que la sociedad provee una determinada significación al objeto que ha de ser asimilado.

### **Algunas reflexiones sobre ciertos problemas educativos relacionados con los conceptos descritos**

Observamos que los conceptos de paradigma social y paradigma epistémico que dan origen a un determinado marco epistémico, pueden ser reconocidos en una situación particular, cuyo análisis nos ocupa desde hace algunos años. Concretamente se trata de la enseñanza de matemática en especial en la Enseñanza Media, y también en cierta medida en la Enseñanza Universitaria. Lo que se ha señalado sobre la mecánica de

Newton como “modelo de ciencia” y su imposición de un determinado paradigma social y como consecuencia la creación de un paradigma epistémico, desembocando ambos en un marco epistémico que vale hasta nuestros días, ha tenido por supuesto su influencia tanto en la investigación en matemática, como en la enseñanza de esta disciplina. Es así como la rama de la matemática llamada Cálculo (o Análisis Matemático) se vio impulsada por el desarrollo de la física y los problemas planteados por esta ciencia en el siglo XVIII, determinando fuertemente la orientación de la educación matemática hasta el presente.

Por otro lado, la matemática no fue ajena a la crisis de la ciencia, que mencionamos al comienzo del resumen, y una de sus expresiones tuvo a nuestro juicio, consecuencias que nos preguntamos si no estarán contribuyendo a un cambio de marco epistémico. Nos referimos a la propuesta de David Hilbert (aproximadamente en 1930), de encontrar un sistema axiomático lógico-matemático, del cual toda la matemática pudiera ser derivada, que fue probada como imposible de realizar por Kurt Gödel (aproximadamente en 1931), estableciendo que hay problemas matemáticos que son inherentemente insolubles y revolucionando el punto de vista de los matemáticos sobre su disciplina. El trabajo de Gödel tuvo repercusiones prácticas inmediatas, planteando la cuestión de **qué significa exactamente decir que se tiene un método para resolver un problema**. Creemos ver aquí una relación con lo planteado por P&G sobre distinguir como una de las características de una revolución científica, a la formulación de nuevas preguntas que modifican el curso de las investigaciones.

La pregunta planteada a raíz de los trabajos de Gödel dió origen a varias respuestas, dos de las cuales tuvieron enorme impacto en el desarrollo posterior de los computadores digitales y de los lenguajes de programación: la de Alan Turing (aproximadamente en 1940), que muestra que toda computación efectiva puede ser representada en una máquina abstracta, conocida como la máquina de Turing y la de Alonzo Church conocida como la tesis de Church (aproximadamente en 1935), que expresa que un objeto es computable si se puede definir en el Cálculo Lambda.

Al mismo tiempo, el desarrollo tecnológico de los computadores digitales actuó como impulsor de las expectativas científicas creadas. En las últimas décadas ese desarrollo ha influido enormemente en la expansión y profundización del estudio de problemas y teorías de antiguo origen, dando lugar a nuevas ciencias, enfoques y metodologías. Nos referimos a las disciplinas relacionadas con la Ciencia de la Computación (CC), y en particular en matemática al intenso desarrollo de la Matemática Discreta (MD), debido a la comunidad científica relacionada con CC. Este hecho nos recuerda que los autores destacan también como característica de un nuevo marco epistémico “la profundización de un tema que lleva a descubrimientos que permiten la adquisición de instrumentos para abordar problemas hasta entonces inaccesibles”.

Consideramos que el sistema educativo forma parte de lo que P&G caracterizan como paradigma epistémico, donde lo que se transmite es parte inherente del saber aceptado y se transmite tan naturalmente como el lenguaje. En lo que respecta a matemática, creemos que ese saber aceptado son las ramas matemáticas desarrolladas a partir de las necesidades de la física, mientras que la inexistencia de estudios en MD en el sistema educativo actual, la interpretamos como rechazo por parte del paradigma epistémico vigente de lo que esté fuera de su marco conceptual.

Un pequeño pero ilustrativo ejemplo lo constituye la situación en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, que impartiendo 9 títulos de grado, recibe aproximadamente algo más de la mitad de los estudiantes en Ingeniería en Computación, donde *recién comienzan* a recibir la base adecuada en su formación matemática, pero debiendo mantener una alta dedicación a las ramas tradicionales.

Consideramos que la actualización de la enseñanza de matemática en la Enseñanza Media, con la inclusión de MD y aplicaciones relacionadas, es necesaria para el beneficio de todos los estudiantes, aún de aquellos que no continúen estudios universitarios. A

nuestro entender constituye un anacronismo el hecho de que no exista en la cultura general brindada por la Enseñanza Secundaria una base de conocimientos sobre algo tan ampliamente difundido en la sociedad actual como es la informática. Nombres como Turing, Church, Gödel, Dijkstra vinculados a la MD y a la CC, son desconocidos para el ciudadano común e inexistentes en la Enseñanza Media. En este sentido es que consideramos que la enseñanza de matemática actual cumple, en cierta medida, el rol de obstáculo epistemológico, debido a la resistencia que se opone a la incorporación y desarrollo de lo que no esté dentro del marco conceptual dominante.

A esta situación nos referimos cuando nos preguntamos si los cambios tanto teóricos como tecnológicos ocurridos en el siglo que acaba de terminar corresponden a la definición de cambio de marco epistémico dada por los autores de la obra en la que se basa este trabajo. Sospechamos que si, pero reconocemos que es necesario profundizar en el estudio del tema, no solo en los aspectos tratados por P&G sino también en los de otros autores, lo cual queda planteado como trabajo futuro.

### **Referencias**

[1] Thomas Kuhn: La Estructura de las Revoluciones Científicas, 1970.

[2] J. Piaget y E. Beth: Epistemología Matemática y Psicología, 1969.

[3] J. Piaget y R. García: Psicogénesis e Historia de la Ciencia, 1982.