

IV Encuentro Latinoamericano de Metodología de las Ciencias Sociales

BASES TEÓRICO-CONCEPTUALES PARA UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PROPIA

Carmen Patricia Rosas-Colín
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del
Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-IPN). México
cprosasc2012ny@gmail.com

Introducción

En esta ponencia se presentan las bases teórico-metodológicas que fueron consideradas para construir el referente empírico, del cual derivaron las bases teórico-conceptuales de la propuesta metodológica que desarrollé en mi trabajo de tesis doctoral. La propuesta consta de tres apartados. En el primero se establecen las hipótesis directrices de la investigación en el marco de la Epistemología de la Imaginación, que es el sustento teórico de mi trabajo de tesis, las cuales tienen que ver con la idea de estudiar la matematización intencional como producto de un constructo denominado: Entramado Cognitivo para la Matematización Intencional de fenómenos físicos; en adelante ECMATI. Se trata de estudiar el proceso de estructurar sistemática y formalmente la realidad, no como una aplicación de conceptos y procedimientos matemáticos adquiridos en la educación formal, sino con la inquietud de observar qué tanto se presenta de manera espontánea en los sujetos, una matematización de la realidad.

Bajo el marco teórico de la Epistemología de la Imaginación, se busca concretar un procedimiento para abordar el estudio del ECMATI con un referente empírico en la formación de investigadores. Así, surgió lo que tentativamente se ha denominado Método de Indagación Crítica Co-evolutiva (MICC), que es una propuesta metodológica propia que surge del análisis de los estudios piloto de mi investigación doctoral. La propuesta propia se sustenta en otras metodologías ya existentes: el método de experimentación psicogenética, el método activo y el método de exploración crítica. De la fusión de estos métodos, en el marco de la epistemología de la imaginación, surge el Método de Indagación Crítica Co-evolutiva como propuesta propia. Las tres propuestas metodológicas entonces que influyeron el MICC, que a la vez sirven para darle sustento, parten explícitamente de una postura epistemológica genético-constructivista, de manera tal que se guarda congruencia teórico-metodológica con la naturaleza del trabajo doctoral en esta ponencia.

En el mismo marco teórico-metodológico genético-constructivista, hay dos metodologías educativas recientes que sirvieron de marco comparativo con el MICC, a la vez que influenciaron su conceptualización. Se trata de las propuestas interesadas en la llamada educación matemática realista y en la educación activa y significativa de la ciencia; respectivamente, la fenomenología didáctica y el método de indagación científica. A continuación entonces se abordan brevemente las peculiaridades de estos métodos de base piagetiana que fueron considerados relevantes para definir el Método de Indagación Crítica Co-evolutiva (MICC).

- HIPÓTESIS DIRECTRICES

1) La relación co-evolutiva Sujeto-objeto mediada por la acción es la base de la objetivación de los fenómenos físicos.- Se refiere a que las acciones del sujeto se ven modificadas por los objetos, al tiempo que los objetos son transformados por dichas acciones. Desde esta perspectiva, las relaciones y correspondencias entre los objetos no están dados por la realidad; no es algo que se descubra o se identifique, sino que el sujeto las va configurando al mismo tiempo que reorganiza y desarrolla sus propias estructuras cognitivas.

2) La coordinación de los diferentes tipos de acciones de la triada cognitiva, constituyen un entramado cognitivo que puede orientarse, deliberadamente, a la objetivación.- La abstracción surge de la coordinación de las acciones interiorizadas. Luego entonces, hay diferentes tipos de abstracción, de acuerdo con el tipo de acciones del que se trate: acciones facticias, acciones evocadas, acciones fabulativas, operaciones concretas y operaciones formales.

3) La Matematización Intencional como una forma de objetivación.- Se entiende por matematización intencional al propósito deliberado de representar simbólicamente la objetivación de un fenómeno físico. Esto supone la representación simbólica de los componentes del fenómeno de estudio, cómo están dispuestos dichos componentes y cómo se relacionan para propiciar el comportamiento del objeto motivo de la explicación causal.

4) Niveles de Matematización Intencional.- Se plantea que pueden darse al menos tres niveles de matematización: estructuración formalizable, estructuración formal individual y validación formal de la estructuración. Los niveles de matematización intencional derivados

del estudio empírico, se relacionaron con el proceso de centración/descentración y toma de conciencia.

5) El diseño y construcción de instrumentos científicos (materiales y matemáticos), orientan el entramado cognitivo hacia la objetivación de ciertos fenómenos.- Los instrumentos materiales son aquellos a partir de los cuales se puede manipular la realidad material para producir artificialmente algún fenómeno físico. En cambio, se habla de instrumentos matemáticos cuando se manipulan las abstracciones sobre el comportamiento de los nuevos fenómenos, manipulando los modelos explicativos y los modelos abstractos para ostentar la estabilización de un objeto de conocimiento. En el marco de la Epistemología de la Imaginación, el proceso consta de tres fases: configuración imaginaria (abstracción del fenómeno); confección (diseño y rediseño de los instrumentos) y ostentación (construcción del instrumento material y/o del instrumento matemático).

6) Los trazos, bocetos y diagramas de los instrumentos materiales y matemáticos como referentes empíricos del entramado cognitivo.- Las acciones materiales sobre la realidad exterior se convierten en acciones evocadas representadas simbólicamente. No se trata de imágenes extraídas directamente de la realidad, sino de imágenes que son producto de la coordinación de las acciones interiorizadas sobre los objetos de la realidad exterior organizada en el pensamiento. Son imágenes mentales, pero tienen su referente empírico en los trazos, bocetos y diagramas de los instrumento materiales y matemáticos.

7) El espacio psico-social en la creación científica.- La Epistemología de la Imaginación postula que el espacio psico-social es un espacio para la imaginación que no es puramente individual y psicológico, pero que tampoco tiene cabida en lo socialmente aceptado. Es entonces un espacio colectivo o de coordinación interindividual en el que se rompen las restricciones impuestas a la imaginación por la sociedad. En dicho espacio se coordinan las acciones cognitivas de diversos sujetos que tratan de configurar, en la imaginación, un nuevo fenómeno de estudio.

- *El Método de Experimentación Psicogenética:*

El origen del método de experimentación psicogenética Piaget lo plasmó en las obras que en un trabajo anterior (Rodríguez-Salazar & Rosas-Colín, 2011) le llamamos el primer quinteto

epistemológico: “El lenguaje y el pensamiento en el niño” (1923), “El juicio y el razonamiento en el niño” (1924), “El juicio moral en el niño” (1932), “La causalidad física en el niño” (1927) y de manera más minuciosa en “La representación del mundo en el niño” (1926). Después de décadas de estudio, Piaget refirió su método al menos de dos maneras: en primera instancia lo llamó “método crítico” (Piaget, 1947) y tiempo después, lo denominó “método de experimentación psicogenética” (Piaget & Inhelder, 1969/2007), una propuesta de experimentación epistemológica enfocada al estudio longitudinal de la forma, funcionamiento y contenido del pensamiento infantil. Sin embargo, su interés no recae en el niño en sí mismo, sino en buscar entender el origen del desarrollo del pensamiento del adulto científico. Por lo tanto, se hace hincapié en que se trata de un método epistemológico, no psicológico ni mucho menos pedagógico, como frecuentemente se malentiende.

No obstante, en general en educación y particularmente en educación matemática, las investigaciones de base piagetiana suelen afirmar que aplican el método piagetiano, refiriéndolo como “entrevista clínica piagetiana” o simplemente “método clínico”, al cual definen como un interrogatorio al sujeto de estudio que dirige el investigador con fines exploratorios y/o diagnósticos. Básicamente, señalan, se presenta una situación problema a partir de la cual indagar procesos de razonamiento y toma de decisiones (Confrey, 1980; Rojano, 1994; Remesal-Ortiz, 1999; Zaskis, 2001; Jaramillo-López & Campillo-Herrero, 2001; Ortiz-Hurtado, 2004). Si bien el Método Psicogenético considera en algo lo señalado anteriormente, la forma en que la mayoría de los investigadores educativos lo refieren y definen, no es del todo precisa. Al consultar directamente la propuesta metodológica en la obra de Piaget, salta a la vista que manejarlo como “entrevista clínica” es una visión parcial del planteamiento original, por no decir que es un reduccionismo al método de entrevista clínica psiquiátrica.

El método de experimentación psicogenética es mucho más que el método clínico. Se trata de la fusión de tres métodos que se emplean en psicología (incluso hasta nuestros días) con diferentes fines: 1) el método de los tests psicológicos de inteligencia tipo ejecución; 2) la observación directa, y 3) el método de entrevista clínica psiquiátrica¹. Se trata entonces de un método tricotómico para el diagnóstico de las capacidades intelectuales en términos de formación de estructuras cognitivas. Al respecto, en el ámbito de la psicología y de la educación en general (no así en educación matemática), califican el “método clínico piagetiano” como algo muy peculiar que definitivamente se aparta de los procedimientos

¹ En el apéndice 1 se presenta con mayor profundidad el origen y pormenores del método psicogenético de Jean Piaget en el marco del diseño de los estudios piloto de esta investigación doctoral.

comunes empleados. Por ejemplo, León & Montero (2003) señalan que dicho método hace referencia a un modo de investigar que parece escaparse a la lógica de los métodos de investigación comunes. Señalan que se trata de una metodología enfocada a “determinar las contribuciones de las actividades de las personas y los aspectos restrictivos del objeto en el proceso de adquisición del conocimiento” (p.383).

León y Montero hacen una propuesta análoga a lo que nosotros llamamos la fusión tricotómica del método de Piaget que se acaba de mencionar; tests de inteligencia, observación directa y examen clínico, planteándolo como entrevista libre, explicación sobre una situación y el método no verbal, que es lo más cercano, en el ámbito de la Psicología y la Educación, al método original. Así, señalan que actualmente la investigación que se desarrolla en estos términos debe tratar de:

[...] ir proponiendo tareas al niño y centrando el interrogatorio en el proceso de resolución de las mismas, de tal modo que el investigador pueda ir a la vez evaluando el conocimiento del niño y poniendo a prueba hipótesis sobre la naturaleza lógica del mismo.[...] se pide al niño que vaya dando justificaciones, en la medida de lo posible, de cada una de sus afirmaciones, pues el interés no sólo está en saber si posee o no esas nociones [...] sino también en cómo llega a motivarlas y a elaborarlas. [...] este método toma diferentes variantes en función de los problemas que aborda y de las edades de los niños a los que estudia. Concretamente [estas vertientes son tres]: **la entrevista libre, la explicación sobre una situación y el método no verbal**. La variante más conocida es la segunda, en la que se propone una tarea y se establece un diálogo –interrogatorio– sobre la realización de la misma. [...] La primera variante es la que se lleva a cabo sin tarea, ya que el contenido de lo que se explora –ideas y creencias sobre cosas– no lo permite. Sería muy semejante a una entrevista no estructurada en la que se tienen previstas algunas preguntas abiertas para todos los entrevistados, pero en función de las respuestas de cada uno se produce una secuencia única de preguntas y respuestas. La tercera variante, consiste en la observación de la conducta del entrevistado en la tarea que se le propone. [...] el observador en función del comportamiento del niño, va introduciendo modificaciones en la situación. En todos los casos, el registro es narrativo [se graba y se transcribe en ficheros de datos] (León & Montero, 2008, p.384).

Reiteramos entonces que el método psicogenético no es sinónimo de entrevista clínica y hacerlo es caer en un error, dado que la entrevista clínica corresponde sólo a una tercera parte del método de experimentación psicogenética. Igualmente, si se toma en cuenta la propuesta original de Piaget, es un error que el investigador elabore las preguntas, ya que el método psicogenético exige un inventario de preguntas elaboradas por diferentes grupos de sujetos: del grupo de edad anterior y posterior al grupo de edad motivo de la investigación. Asimismo, el método psicogenético implica el uso de tareas de ejecución y no de papel-lápiz, como comúnmente se plantea, por no decir que se tergiversa.

- *El Método Activo:*

La propuesta de Piaget sobre el método activo no es una propuesta pedagógica, sino un conjunto de lineamientos que esboza con base en su experimentación epistemológica, con el fin de contribuir a una política educativa pensada en favorecer el fomento a la vocación y formación científica. Tanto en su obra “Psicología y Pedagogía” (1969) como en “A dónde va la Educación” (1974), es donde se encuentran este conjunto de lineamientos. De esta manera, las aportaciones del método activo a la presente investigación doctoral son principalmente cinco:

1) Que promover un método activo en el ámbito educativo significa **promover la comprensión como una asimilación del conocimiento**, esto es, **no como producto de la transmisión verbal, sino como producto de una estructuración o reinención** que hace el educando generada por la coordinación de acciones interiorizadas a partir de las experiencias educativas que se le presentan con tal fin. Piaget señala:

[...] cuando se trata de la palabra adulta, al transmitir o intentar transmitir conocimientos ya estructurados por el lenguaje o la inteligencia de los profesores por ejemplo, suele imaginarse que esto es suficiente y que el niño no tiene más que incorporar estos alimentos intelectuales ya digeridos, [...] cuando se trata de la enseñanza verbal, se parte del postulado implícito de que esta transmisión educativa proporciona al niño los instrumentos de asimilación como tales, al mismo tiempo que los conocimientos a asimilar, y se olvida que tales instrumentos sólo pueden adquirirse mediante una actividad interna y que toda asimilación es una reestructuración o una reinención. El lenguaje no es suficiente

[...], sólo es comprendido mediante instrumentos de asimilación de origen más profundo, ya que dependen de la coordinación general de las acciones y de las operaciones mentales (Piaget, 1969/1984, p.69-70).

En congruencia con lo anterior, Piaget critica tanto la dinámica de las cátedras en general como de la cátedra demostrativa, pues no propician una estructuración o reinención del objeto de conocimiento. Señala que lamentablemente dicha dinámica es la que promueve la educación tradicional y es la responsable de que científicos e inventores constituyan una fracción ínfima y heterogénea del cuerpo social. Piaget enfatiza que se requiere que el educador tenga conocimiento de los mecanismos mentales de los educandos para cambiar la didáctica de proporcionar definiciones formales sin considerar que existe una gran diferencia “entre la capacidad de utilizar espontáneamente una operación y, poder reflexionar sobre ella para extraer una formalización abstracta” (Piaget, 1969/1984, p.169). En el presente trabajo se considera que esto difícilmente se puede lograr en el marco de la educación escolarizada dada su naturaleza, por ello aquí se propone como educación no-formal y mediante un actor distinto al docente y al animador, pero más cercano al experimentador psicogenético: el “experimentador epistemológico”.

- *El Método de Exploración Crítica (MEC)*

El MEC se fundamenta en el método de experimentación psicogenética y en el método activo de Piaget. Se trata de un método planteado por Bärbel Inhelder (1975/2002), la colaboradora más cercana de Piaget, quien siendo psicóloga genética experimental, encaminó su trabajo a tender las bases para una nueva teoría del aprendizaje con base epistemológica explícita y enfocada a la educación científica. Esto significa que Inhelder ponderó la parte constructiva más que la genética de la teoría piagetiana. De ahí que califique su investigación como constructivista-transversal más que genético-longitudinal. Asimismo destacó:

[...] Piaget y sus colaboradores han hecho hincapié continuamente en la actividad del sujeto en la génesis de los conocimientos, sin estudiar la parte de los factores del medio en la formación de las estructuras cognoscitivas. Por lo tanto, se ha prestado poca atención hasta ahora, lo mismo en epistemología que en psicología genéticas, a las cuestiones de aprendizaje en sentido estricto” (p.19).

Se puede decir entonces, que para Inhelder, el aprendizaje tiene que ver con el papel de los factores del medio en la formación de estructuras cognoscitivas. Por lo tanto, parte de la esencia de este método, es propiciar las condiciones que favorecen la estructuración cognoscitiva, lo cual incluye el establecimiento de tareas idóneas, así como de situaciones susceptibles de favorecer los intercambios del sujeto con el medio físico y con sus interlocutores. Para lograr este fin, Inhelder propone algunas nuevas peculiaridades al método psicogenético, aunque sigue conservando el espíritu inicial: mientras que en el método psicogenético, el interrogatorio se da en situación libre o bien provocada experimentalmente, en el método de exploración crítica (MEC), se interroga a los sujetos en presencia de fenómenos observables y manipulables, a partir de los cuales se les invita a razonar y después a repensar su respuesta a partir de contraargumentos que les proporciona un interlocutor. Es ésta la primera influencia del MEC sobre el MICC:

1) La esencia del MEC.- En el MEC, el sujeto tiene la posibilidad de confrontar sus previsiones con la lectura de los resultados experimentales. La elaboración de las respuestas (explicaciones causales) entonces, es resultado de la relación del sujeto con los observables del mundo físico y de una coordinación de los juicios del propio sujeto confrontados con la realidad y con su interlocutor (el experimentador). Como se verá en el siguiente capítulo, el MICC consideró este punto particularmente para la interpretación de las respuestas a las consignas, que fueron el eje conductor del taller de “Imaginación y Razonamiento” que se llevó a cabo como estudio empírico final del presente trabajo doctoral.

2) La flexibilidad del MEC y la relevancia del sondeo.- Inhelder (1975/2002) destaca que el MEC en definitiva se trata de un método diferente de los procedimientos psicológicos experimentales usuales, pues lo distinguen esencialmente dos rasgos:

- a. Sólo cuando se cuenta con una serie completa de posibles reacciones frente a un problema particular, es cuando el método de interrogación puede adquirir un carácter sistemático. “[...] sus procedimientos se dejan orientar por las conductas originales imprevistas y, a menudo, imprevisibles del pensamiento infantil” (Inhelder, 1975/2002, p.40).
- b. Contrariamente a los métodos planificados con cuestiones tipificadas, en el MEC, el experimentador, durante la situación experimental, elabora al momento hipótesis sobre los diversos significados cognoscitivos de las conductas observadas y los intenta

comprobar confrontando al sujeto dándole su propia perspectiva pero sin menospreciar su respuesta, haciendo hincapié en los aspectos que el experimentador considera críticos y reveladores del problema planteado.

Con base en lo anterior, parte importante del estudio empírico de la investigación doctoral que se presenta en esta ponencia, fueron los estudios piloto como inicio de la exploración cognitiva para la detección de conductas originales imprevistas, tanto del adolescente, como del adulto joven. Con base en ello, el estudio final implicó un esquema semi-sistemático en la forma de proceder con los sujetos, así como actividades semi-estructuradas.

- **LA FENOMENOLOGÍA DIDÁCTICA**

La fenomenología didáctica, es la metodología que propone la Educación Matemática Realista (EMR), una corriente didáctica y de investigación en educación matemática propuesta por Hans Freudenthal en los años 60 en Alemania y que en la actualidad cuenta con vastos seguidores a nivel internacional. En este acápite se plantea la visión latinoamericana de la EMR, particularmente, la perspectiva del Grupo Patagónico de Didáctica de la Matemática², cuya interpretación de la fenomenología didáctica fue uno de los aspectos que contribuyó a la comparación con el MICC que se propone en este estudio doctoral y del que a la vez recibió su influencia. Como se abordó en el primer capítulo de este trabajo, al menos son seis principios que caracterizan la EMR, sin embargo, aquí sólo se plantean siete ideas (no principios) que se dispusieron al servicio del MICC:

1) La Matemización.- La idea central de la EMR es que la matemática es una actividad humana a la que Freudenthal denomina matemización. Matemizar es un proceso que involucra:

[...] reconocer características esenciales en situaciones, problemas, procedimientos, algoritmos, formulaciones, simbolizaciones y sistemas axiomáticos. Descubrir características comunes, similitudes, analogías e isomorfismos. Ejemplificar ideas generales. Encarar situaciones problemáticas de manera paradigmática. La irrupción repentina de nuevos objetos mentales y

² La Dra. Ana Bressan, en cuyos trabajos se basa este acápite, en el año 2000 fundó, junto con la Dra. Betina Zolkower el Grupo Patagónico de Didáctica de la Matemática (GPDM) en Argentina.

operaciones. Buscar atajos y abreviar estrategias y simbolizaciones iniciales con miras a esquematizarlas, algoritmizarlas, simbolizarlas y formalizarlas, así como reflexionar sobre la actividad matematizadora, considerando los fenómenos en cuestión desde diferentes perspectivas (Freudenthal, 1991, p. 30, 35-36, citado por Bressan & Gallego, 2011, p. 2-3).

2) El propósito de la fenomenología didáctica.- Se trata de un método que consiste en investigar primero las diversas manifestaciones y usos de un determinado objeto matemático en la realidad, por ejemplo: las fracciones, las razones, las funciones, las proporciones, etc., como fenómenos en la vida real, considerando sus referencias en el lenguaje cotidiano y a partir de esto, construir la didáctica del concepto matemático en cuestión. También se dice que su objetivo es “encontrar situaciones que puedan evocar procedimientos paradigmáticos de solución como base para la matematización. Para encontrar fenómenos que puedan ser matematizados, podemos buscar entender cómo fueron inventados” (Gravemeijer y Terwuel, 2000, citados por Bressan, 2005).

3) Contextos y situaciones problemáticas realistas como punto de partida.- Para la EMR, un contexto es un evento, situación, actividad o proposición derivada de la realidad, la cual es significativa para el alumno o que la puede imaginar. Conduce a usar métodos matemáticos desde su propia experiencia. Los contextos que se sugieren son: reales, fantásticos, matemáticos o virtuales (Dekker et al, 2001, citados por Bressan & Gallegos, 2011, p.3). En este marco, “realista” significa que es razonable, realizable o susceptible de ser imaginado por los alumnos (Freudenthal, 1991, citado por Bressan & Gallegos, 2011, p.3) Por lo tanto, no se limita al mundo perceptual. Este principio se basa en la génesis de los conceptos matemáticos, es decir, que históricamente, la matemática surge como herramienta para matematizar situaciones del entorno natural y social. Por lo tanto, su enseñanza debe basarse también en la organización de este tipo de situaciones. Los contextos y situaciones realistas son el punto de partida para alcanzar dominios complejos de la matemática. Es importante que despierten el interés del estudiante para que se constituyan como objetos de trabajo, permitiendo que el contenido matemático sea accesible y se puedan trabajar diferentes niveles de conceptualización con base en las posibilidades de cada estudiante. Deben promover el uso del sentido común, es decir de conocimientos informales que puedan transformarse en creación de modelos.

4) Fomento de creación de modelos: atención central a las soluciones informales y las producciones libres de los alumnos.- Se refiere al uso de materiales, esquemas, diagramas, símbolos, proposiciones que emergen de la propia actividad matemática de los alumnos como herramientas para representar y organizar el contexto o situación planteada. Un modelo es “un intermediario [...] a través del cual una realidad o teoría compleja es idealizada o simplificada con el fin de volverla susceptible a un tratamiento matemático formal” (Freudenthal, 1991, p.34, citado por Bressan & Gallego, 2011, p.4). Por lo tanto, no se trata de modelos preconstruidos e impuestos por la matemática formal, sino de formas emergentes incipientes, producto de la abstracción del estudiante. Las actividades organizadoras y reorganizadoras que se proporcionan a los estudiantes, son las generadoras de dichos modelos, de ahí que estén ligadas al contexto o situación de partida pero pueden separarse de la situación particular para adquirir el carácter de modelos formales, es decir, generalizables y aplicables a otros contextos y situaciones. De esta manera se pasa de “modelo de” (relativo a la situación particular) a “modelo para” (generalizable).

5) La reinención guiada.- reconoce el papel clave del docente como guía y organizador de la interacción en las aulas. Se trata de implementar un proceso en el que los alumnos puedan reinventar ideas y herramientas matemáticas a partir de organizar o estructurar situaciones problemáticas en interacción con sus pares y bajo la guía del docente. La discusión y cooperación son elementos esenciales de este proceso en el que las estrategias informales son la base para el logro de conceptos formales. Asimismo, explicar, justificar, acordar o disentir, cuestionar, generar alternativas y reflexionar sobre todo lo anterior, son componentes clave de esta reinención guiada, en donde el docente es un mediador entre los alumnos y las situaciones problemáticas en juego, entre los alumnos mismos y entre las producciones informales de los estudiantes y las herramientas formales, es decir, ya institucionalizadas como parte de la disciplina Matemática.

6) Niveles de matematización.- Según Bressan & Gallego (2011), un aspecto clave de la EMR y su fenomenología didáctica es el estudio de cómo pasa un alumno del conocimiento informal al pre-formal y de ahí al formal para poder establecer la formulación de secuencias didácticas que ayuden a los estudiantes en ese pasaje. Por lo tanto, la matematización progresiva, implica niveles distintos de comprensión, caracterizados por diferentes tipos de actividades mentales. Una síntesis de este proceso se muestra en la figura 14.

- **EL MÉTODO DE INDAGACIÓN CIENTÍFICA**

El método de indagación científica, también llamado método indagatorio o Educación en Ciencias basado en la Indagación (ECBI), es un método que cuenta al menos con un par de décadas de desarrollo en más de 30 países en el mundo. En Chile, esta metodología actualmente es implementada en cerca de 100 escuelas a través del programa ECBI que lleva a cabo el Ministerio de Educación junto a la Academia Chilena de Ciencias y la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. También se ha implementado en Francia, Estados Unidos, China, Colombia, Bélgica, Croacia, Argentina, Serbia y Marruecos en su afán de fomentar las vocaciones científicas (CONICYT et al, 2003, p.13). Las ideas del constructivismo, del aprendizaje significativo y el aprendizaje por descubrimiento, entre otras teorías psicológicas del aprendizaje, fueron la base para diseñar e implementar este método, cuya premisa principal es que la mejor manera de aprender ciencia es hacer ciencia (CONICYT et al, 2003, p.12; Wynne, 2011). El análisis comparativo y la influencia de este método sobre el MICC versa sobre los siguientes rubros:

1) Incentivar al estudiante a preguntar, a llevar a cabo investigación autónoma y a hacer sus propios descubrimientos.- La enseñanza de las ciencias basada en la indagación, privilegia la experiencia y los conocimientos previos.

La metodología indagatoria para el aprendizaje de las ciencias, parte del supuesto de que, para lograr aprendizajes significativos y duraderos en los estudiantes, estos deben, entre otras cosas:

- ✓ Interactuar con problemas concretos.
- ✓ Los problemas deben ser significativos e interesantes para los estudiantes.
- ✓ Ser capaces de hacer sus propios descubrimientos.
- ✓ Construir de manera activa su aprendizaje. (CONICYT et al, 2003, p.13).

2) El cuaderno de ciencias.- Una herramienta para la indagación es “el cuaderno de ciencias”, a partir del cual se formulan preguntas y se incita a encontrar respuestas. En él, los niños registran además de la descripción de procedimientos, datos y resultados, sus pensamientos y emociones durante el proceso de indagación. También registran qué fue lo más importante que aprendieron, así como su opinión sobre el método indagatorio (ECBI-Chile, 2008). La idea de bitácora de investigación que en esta propuesta doctoral se planteó en

el marco de la Epistemología de la Imaginación, se vio reforzada por esta idea en el campo de la educación.

3) El profesor se transforma en aprendiz junto con los estudiantes.- El método de indagación científica se centra en el estudiante, no en el profesor. El papel del profesor es diseñar e implementar una atmósfera de aprendizaje adecuada para la indagación, a saber, una atmósfera de aprendizaje material, intelectual y social en donde la indagación está dirigida por el profesor, aunque el profesor y estudiantes son co-investigadores. Esta idea coincide con los intereses educativos no-formales de la presente investigación doctoral, en lo que respecta a desdibujar los roles tradicionales de docente – estudiante, así como en procurar un ambiente flexible y de coordinación interindividual que lleve al descubrimiento, reinención o creación. En lo que discrepa, es que la labor de diseño e implementación de dicha atmósfera, no es el docente, sino, el epistemólogo experimentador y se promueve en el ámbito no-formal (extracurricular), no en el aula.

4) El diseño de actividades para un modelo de aprendizaje en ciencias.- Las actividades didácticas en este método, se organizan en una secuencia que guían la indagación pero también dejan espacio para que los niños se desenvuelvan con autonomía bajo dos supuestos clave: el lenguaje y la experiencia práctica. Según Wynne (2011), a partir de la década de 1990 se ha evidenciado la importancia de la experiencia del educando con el objeto real, ya que lo lleva gradualmente a la construcción de ideas abstractas, un proceso en el que el lenguaje tiene un papel clave, pues asigna nombres a los objetos permitiéndole describirlos y analizarlos; agruparlos y clasificarlos, expresar causa y efecto. Los estudiantes también deben tener en cuenta que algunas palabras (“energía”, “trabajo”, “animal”, por ejemplo) tienen un significado particular en la ciencia, más preciso que el que se usa en el habla cotidiana.

No es posible impedir el uso cotidiano de los términos, pero los estudiantes necesitan saber cuándo se están usando estrictamente con su significado científico. A diferencia de esta postura, en el marco de la Epistemología de la Imaginación, el lenguaje se subordina al pensamiento y no el pensamiento al lenguaje, como sugiere tácitamente este método. No obstante, la experiencia práctica se valora en coordinación con la experiencia simbólico-imaginativa y la experiencia racional formal (uso de lenguajes establecidos). La investigación doctoral motivo de esta ponencia, recibió influencia de este método, sobre todo en lo relativo a las pautas para el diseño de actividades en conjunción con el establecimiento de un proceso que permita llegar a la comprensión o redescubrimiento del fenómeno en cuestión. Sin

embargo, a diferencia de él, el MICC promueve un proceso que pretende llevar a la descentración del pensamiento del educando, así como a la toma de conciencia de sus acciones cognitivas involucradas en la elaboración de una explicación objetiva y/o en la elaboración de una nueva posibilidad factible.

- **EL MÉTODO DE INDAGACIÓN CRÍTICA CO-EVOLUTIVA (MICC): UNA PROPUESTA PROPIA**

El MICC se propone como un método de experimentación epistemológica de la Matemática Educativa para el estudio sincrónico de la plausibilidad del constructo ECMATI (Entramado Cognitivo para la Matematización Intencional de fenómenos físicos). Con el MICC se pretende, por una parte, contar con referentes empíricos para contribuir al robustecimiento teórico de la Epistemología de la Imaginación; y por otra, intenta plantear una forma de educación matemática extracurricular para la formación temprana de investigadores, fundamentada en la Epistemología de la Imaginación y enfocada a promover la matematización intencional de fenómenos físicos. Se destaca nuevamente aquí, que la Epistemología de la Imaginación es una teoría reciente interesada en contribuir a la comprensión de la creación científica, en donde los instrumentos materiales y los instrumentos matemáticos de manera vinculada, juegan un papel fundamental en ello.

El procedimiento que implica el MICC:

Se comenzó con un diseño procedimental basado en las hipótesis directrices de esta investigación doctoral que giran en torno al constructo ECMATI. Se trató entonces del diseño de experiencias semi-estructuradas de carácter práctico, simbólico-imaginativo y racional-formal dispuestas de manera coordinada para promover la descentración del pensamiento, así como la toma de conciencia para la matematización intencional de un fenómeno físico, entendido esto como una forma de objetivación. En otras palabras, debía procurarse que el sujeto se separa de su percepción inmediata para por medio de la abstracción, atribuir propiedades a un objeto, establecer los componentes del mismo, la manera en la que están dispuestos y cómo éstos se relacionan para propiciar que el fenómeno en cuestión se comporte de la forma en que lo hace.

El establecimiento de regularidades y variaciones son efecto de las acciones cognitivas que el sujeto ejerce sobre el objeto. De ahí que también se pretendiera indagar sobre el papel de los diferentes tipos de acciones cognitivas, así como sus combinatorias para coordinarse hacia tal fin. Algo de vital relevancia, fue que se buscó detonar la matematización intencional a partir de un instrumento material, lo cual conllevó el establecimiento de un proceso cuyas fases promovían la configuración, confección y ostentación (material y matemática) de un fenómeno a partir de un artefacto o dispositivo. Estas fases a su vez, llevaron al planteamiento de posibles niveles de matematización intencional; así como a la conformación de un espacio psico-social que diera cobijo a todo lo anterior.

Estas directrices fueron consideradas bajo las condiciones metodológicas provistas por los cinco métodos genético-constructivistas que se abordaron en el capítulo anterior: el método de experimentación psicogenética, el método activo, el método de exploración crítica, la fenomenología didáctica y el método de indagación científica. De hecho, a razón de dicha influencia metodológica, fue que a esta propuesta propia se le dio el nombre de Método de Indagación Crítica Co-evolutiva (MICC), el último término, intentando destacar la relación sujeto-objeto mediada por la acción que implica la organización simultánea hacia las cosas y hacia las estructuras cognitivas a partir de las cuales se organiza la realidad. Las condiciones metodológicas que se consideraron entonces, fueron las siguientes:

□ El diseño e implementación de situaciones y la secuencia de las mismas que involucraran tareas de ejecución y en donde se empleara un artefacto o dispositivo en torno al cual hacer girar la actividad cognitiva que llevaría a la matematización intencional (esto implicó el uso de materiales de diferente índole y no sólo papel y lápiz). Se planearon entonces actividades que implicaran la coordinación de acciones simbólico-imaginativas (elaboración de trazos, bocetos y diagramas que describieran y explicaran el comportamiento del artefacto, en cuanto a funcionamiento y en cuanto a principios de funcionamiento), acciones prácticas (manipulación material del artefacto) y operaciones racionales-formales (expresiones verbales formales y representaciones simbólicas de las explicaciones generadas). Todas estas coordinándose de manera diferente al momento de la configuración, la confección y la ostentación de un fenómeno físico involucrado en un artefacto o dispositivo modelo . De ahí que haya sido fundamental la determinación del mismo (el artefacto que se utilizó se presenta en el siguiente acápite).

□ Para establecer regularidades, variaciones y consecuentemente ciertas relaciones causales, se promovió la comparación de tres ejemplares del artefacto (ver siguiente acápite), con el fin de llevar al sujeto a la estructuración de semejanzas y diferencias, agrupaciones, clasificaciones, disociación de factores y variación aislada de cada uno de éstos para neutralizarlos o combinarlos de manera sistemática. Para llevar a cabo lo anterior, se pidió una explicación causal de cada uno de los ejemplares del artefacto en cuestión, una construcción imitativa de uno de ellos, una re-elaboración de la explicación causal, así como el diseño, confección y ostentación tanto material como matemática de un fenómeno físico implicado en el artefacto modelo (uno de los ejemplares) y en otro de su propia creación (basado en el artefacto modelo).

□ Dichas situaciones y secuencias se plantearon a manera de retos o detonantes, a lo cual se le denominó “consignas” (ver apéndice 3A y 3B), utilizando la forma de las preguntas y aportaciones de los grupos de sujetos con los que se trabajó en los estudios piloto de la investigación doctoral.

□ Las consignas fueron la base para la conformación de una bitácora de investigación con la que se pretendió la sustitución de la entrevista oral por una especie de interrogatorio escrito. En la bitácora los sujetos dejaron plasmadas sus respuestas verbales, icónicas y simbólicas, así como la justificación de las mismas. Igualmente, estos tres tipos de respuesta, en conjunción con la interacción con interlocutores (los experimentadores participantes) y en contraste con la realidad, podrían brindar elementos de contraprueba o contraargumentación necesarios para reelaborar las explicaciones causales y la nueva propuesta de artefacto que se les solicitaría.

□ Se pensó en la reinención de roles educativos para un ambiente extracurricular. Se optó por una relación horizontal entre co-experimentadores en vez de la relación vertical tradicional profesor-estudiante. Esto conllevó la idea de seleccionar y reclutar a experimentadores novatos (adolescentes), experimentadores avanzados (adultos jóvenes), experimentadores expertos (científicos en ejercicio), experimentadores epistemólogos (guías de la investigación doctoral) y a observadores (colegas o estudiantes interesados en participar).

□ Para lograr un ambiente educativo no-formal (extracurricular), se pensó en la conformación de dos grupos de experimentadores, uno de novatos, otro de avanzados, no mayores de 10 personas cada uno, en un espacio amplio y cerrado en horario extra-clase; esto, como estrategia para fomentar la coordinación interindividual mediante el intercambio de ideas e impresiones con pares o con interlocutores de otra índole pero promoviendo una relación horizontal y no vertical. Asimismo, debía disponerse de tal manera el mobiliario, que favoreciera dicho intercambio así como que brindara diferentes áreas de trabajo y de interacción de acuerdo con el tipo de actividades y secuencia que se propondría.