

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍAS

DOCTORADO INGENIERÍA

Por: **PhD. Jorge Enrique Saby Beltrán**
jesabybe@gmail.com

La Importancia en América Latina del sentido de la Alfabetización Científica

INTRODUCCIÓN

El eje central del programa del Doctorado en Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad Antonio Nariño lo constituye el componente investigativo. Es por ello que a manera de preámbulo y a pesar de caer en reiteraciones sobre diferentes aspectos medulares, se ha decidido, por considerarlo muy conveniente, antes de relacionar los diferentes aspectos que fundamentan las líneas de investigación, hacer un recorrido **histórico - crítico** del modo como se ha visto la enseñanza de la ciencia y la tecnología fundamentándolo en una mirada **epistemológica**. Éstos constituyen dos aspectos esenciales de cualquier investigación científica y, por lo complejo que resultan estos temas, sobre todo el segundo, los mismos deben facilitar la lectura posterior con las especificidades de cada una de las líneas de investigación.

1. LA EDUCACIÓN EN CIENTÍFICA PARA LAS SOCIEDADES DE HOY

La transición entre los siglos XIX y el XX estuvo marcada por el hecho que las ciencias, especialmente las matemáticas, consolidaran las direcciones propuestas desde los siglos XVII y XVIII. El rigor, la precisión y la exactitud fueron vistos como los principales objetivos a alcanzar. El nuevo orden mundial implicó el reconocimiento del carácter universal de las ciencias y éstas se establecieron firmemente como un símbolo de conocimiento universal.

Esta preocupación persiste hoy día, tal vez con mayor intensidad, dada la atracción que profesan los jóvenes actuales por ciencias afines, pero de mayor trascendencia o mejor remuneración; de modo que IMU sigue discutiendo lo que han bautizado como el 'pipeline issue', el problema de seguir atrayendo jóvenes talentosos hacia una carrera en matemáticas. Y así desde la comunidad internacional de matemáticos se enfoca la atención en una educación matemática de calidad en la escuela básica y media (primaria y secundaria) visto como condición necesaria para que el estudiante pueda seguir un programa de estudio en matemáticas en la universidad con éxito, y como una condición suficiente en cuanto tal educación muestre la belleza de la matemáticas, sus retos y en fin enamora al joven de la matemática y lo motive a hacer un esfuerzo por sobresalir en matemáticas.

Así las cosas, la comunidad internacional no sólo ha hecho profundas reflexiones acerca de la corrección, interés, pertinencia y el reconocimiento, también se ha subrayado la necesidad de promover una educación científica de gran calidad, y por otra parte la utilidad de las mismas en todas las empresas del ser humano en la tecnología y demás aplicaciones.

Contexto histórico de las matemáticas como fuente para la enseñanza de la ciencia

La Segunda Guerra Mundial representó un hito en la historia mundial reciente. Allanó el camino para un nuevo orden mundial. Las nuevas prioridades para la reconstrucción económica y la defensa impusieron la adopción de nuevas ideas en educación matemática, basadas en los avances en la teoría de la cognición. Las investigaciones realizadas por Jean Piaget fueron un fuerte apoyo en el mundo occidental, mientras que por otra cumplía su papel R.R. Luria y Lev Vygotsky en la Unión Soviética.

Una consecuencia importante de la Segunda Guerra Mundial fue el establecimiento de las Naciones Unidas, en 1945 cuya carta fue firmada por 51 Estados. La guerra fría, inmediatamente después del final de la Segunda Guerra Mundial, estuvo marcada por la reconstrucción de las economías, junto con enorme gasto en defensa, que también proporcionó fondos para la investigación científica. Las matemáticas fueron especialmente beneficiadas con una generosa financiación militar. Al mismo tiempo, los movimientos de paz fueron activadas y la búsqueda de un nuevo orden político y social fue intensa. En el tercer mundo, estos recursos proporcionaron un terreno fértil para las guerras civiles y las dictaduras y en disputa por las potencias mundiales en la guerra fría. La posguerra también estuvo marcada por un intenso cambio demográfico. La independencia de las ex colonias, en la mayoría de los casos, fue acompañado por procesos de inmigración hacia las metrópolis coloniales.

En el Congreso Internacional de Matemáticos celebrado en Oslo en 1936, se decidió que el próximo congreso tuviera lugar en los Estados Unidos en 1940. Como consecuencia de la guerra el congreso solo se pudo realizar en 1950, en Cambridge, Massachusetts. La Unión Matemática Internacional (IMU) fue fundada¹ en 1951 y su primera Asamblea General tuvo lugar en Roma en 1952.

Después de la Segunda Guerra Mundial, las matemáticas se habían establecido firmemente como conocimiento universal (patrimonio científico de la humanidad). El ambiente político justo después de la II Guerra Mundial realza, con respecto a las matemáticas, lo que se ha denominado la "declaración estadounidense de universalidad", que propone que los matemáticos deberían convocarse independientemente de su nacionalidad [Lehto 1998, 74]. Esta universalidad implica objetivos y metas para la enseñanza de matemáticas definidas independientemente de los parámetros sociales y culturales. En 1952 se decidió que el ICMI debía realizar un estudio sobre el papel de las matemáticas y matemáticos en el mundo contemporáneo. Duro Kurepa llevó a cabo el estudio y rindió informe al Congreso Internacional de Matemáticos en Ámsterdam en 1954.

¹ Para una historia completa de la I.M.U., consulte [Lehto 1998].

El informe presta especial atención a nuevas y variadas direcciones de actividad matemática. Particularmente interesante es el reconocimiento de la importancia de las calculadoras.

Se abrieron nuevas perspectivas de la educación matemática provenientes de renombrados matemáticos japoneses, entre ellos Yasuo Akizuki, miembro de la Comité Ejecutivo de ICMI. En línea con Kurepa, Akizuki propuso hacer un énfasis en el lado reflexivo de las matemáticas. El punto más interesante en su argumento es el reconocimiento de que la matemática es un producto cultural.

Aunque los antropólogos y psicólogos habían estado mostrando interés en diferentes tipos de las matemáticas, mejor dicho, diferentes maneras de matematizar en diferentes culturas, la propuesta de Akizuki no atrajo la atención de la comunidad matemática hasta que Claudia Zaslavsky publicó *Condes de África*, en 1973 [Zaslavsky 1973].

La Alfabetización científica

En el momento en que d'Ambrosio elaboró su importante escrito, la IMU estaba patrocinando el 2000 como "año mundial de la matemática". La Asamblea General de las Naciones Unidas había proclamado "Decenio Internacional para una cultura de paz 2001 a 2010 y no violencia para los niños del mundo". La asamblea exhortó a los órganos pertinentes de las Naciones Unidas, organizaciones no gubernamentales (ONG), artistas y grupos de organismos e instituciones educativas, religiosas y los medios de comunicación a soportar activamente el decenio en beneficio de todos los niños del mundo. ¿Cómo respondemos a esta llamada? ¿De qué manera las resoluciones de la IMU y las Naciones Unidas se relacionan? ¿No debería ser intrínseca entre sí? Después de todo, la matemática es la espina dorsal de la civilización moderna.

A lo largo de la historia, en cada cultura, reconocemos los esfuerzos por desarrollar instrumentos: i) para comunicarse; ii) para hacer frente con la realidad; iii) para comprender y explicar la realidad, proporcionando las herramientas del pensamiento crítico; iv) para definir estrategias de acción. Estos objetivos se pueden identificar en la forma en que cada sociedad enfoca la matemática, o sea, en las etnomatemáticas². La matemática griega se enfocó principalmente en iii) y iv). El carácter propedéutico de la educación matemática, que ha sido intrínseca a la formulación de programas escolares en el siglo XX, ha hecho hincapié en ii).

A tono con las nuevas tecnologías de la informática y las comunicaciones, no hay lugar para el carácter propedéutico de la educación matemática. Los números, figuras, signos son instrumentos comunicativos, enriqueciendo la capacidad del discurso y de la conversación, de la descripción. Es responsabilidad de las escuelas preparar estudiantes para generar nuevas realidades, potenciales o imaginarias, es decir, ser creativos, para poder explicar y comprender la realidad con la capacidad de mirar hacia el futuro equipado con estrategias de acción. Esto requiere abstracción, conceptualización, en esencia, el dominio de instrumentos analíticos. De acuerdo con las ideas de d'Ambrosio, las matemáticas y las etnomatemáticas deben proporcionar esos instrumentos, como la historia nos ha mostrado.

² Consulte [Urton 1997].

La producción y mano de obra estarán presentes en cada modelo de la sociedad del futuro. Las formas que tomarán sin duda pondrán de manifiesto la presencia de la alta tecnología en la vida cotidiana. Los puestos de trabajo, tal como los entendemos hoy en día, probablemente van a desaparecer³. El acceso social de las minorías se relaciona directamente con su poder de adquisición de los instrumentos comunicativos, analíticos y materiales, en otras formas, a la implementación del trívium (en inglés) LITERACY–MATHERACY–TECHNORACY.

2. EPISTEMOLOGÍAS DE LAS CIENCIAS

Un marco de comprensión productivo para la especificación de una línea de investigación doctoral en Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología incluye específicamente desarrollos actuales en filosofía de la ciencia, filosofía de la mente, filosofía del lenguaje, lógica y semántica formal. Igualmente incluye el abarcamiento de las teorías de la información expresadas en los mecanismos de procesamiento de la información y sus aplicaciones en campos como la inteligencia artificial, los sistemas expertos, la robótica, entre otros.

En principio el ámbito de estudio de la epistemología de la ciencia puede dividirse en epistemología general de la ciencia y epistemologías especiales de cada una de las ciencias en particular. La epistemología de la ciencia general trata, desde diversas perspectivas, algunos problemas que surgen de la reflexión filosófica sobre las prácticas que son comunes a todo o, al menos, a gran parte del dominio de la ciencia. Por otra parte, la epistemología de la ciencia especial se ocupa de los problemas inherentes a una ciencia en particular. Usualmente, aunque no de modo exclusivo, se denomina epistemología de la ciencia general a la reconstrucción racional de las teorías científicas en sus aspectos lógicos, semánticos, metodológicos y, en algunos casos, ontológicos. La expresión “reconstrucción racional” apunta no a lo que efectivamente acaece en las mentes de los científicos cuando construyen hipótesis o cuando aplican procedimientos lógicos, semánticos o de laboratorio para someter dichas hipótesis a prueba experimental, sino más bien a cómo dichos procesos y aplicaciones de procedimientos hubieran sido si se hubieran aplicado racionalmente ciertos patrones lógicos, semánticos y metodológicos.

En la línea de investigación los aspectos lógicos se refieren a las cadenas inferenciales, sean estas deductivas o inductivas, entre enunciados y con las propiedades formales de los enunciados que hacen posible tales cadenas. Frente a los dos tipos de cadenas inferenciales una epistemología de la ciencia general intentará:

- (i) En el caso de las cadenas deductivas, especificar las condiciones de validez de inferencias deductivas que parten de condiciones iniciales en conjunción con una hipótesis general hasta llegar a enunciados observacionales que verifican o falsan dicha hipótesis.

³ Para una explicación de la mano de obra en el futuro, consulte [Reich 1992]. Duras visiones del futuro del empleo, revelando la insuficiencia de sistemas educativos corriente, se pueden leer en [Forrester 1999].

- (ii) En el caso de las cadenas inductivas, especificar las condiciones para establecer el grado de probabilidad de una hipótesis general, dada la verificación de un conjunto finito y lógicamente consistente de enunciados observacionales derivados de dicha hipótesis.

En cuanto a la reconstrucción del aspecto semántico usualmente se intenta establecer criterios de significación que permitan especificar bajo qué condiciones un enunciado puede ser verdadero o falso. Una aproximación, entre otras, bastante conocida es la propuesta por el empirismo lógico. El postulado empirista afirma que un enunciado (o una hipótesis) es significativa —es decir, puede ser verdadera o falsa— si pueden establecerse las condiciones empíricamente posibles (i.e., observables) que la hagan verdadera, por extensión, que la hagan falsa.

La reconstrucción racional del aspecto metodológico intenta, gruesamente, establecer criterios para distinguir los procedimientos confirmatorios experimentales o de fijación de la creencia correcta o incorrecta, adecuada o inadecuada. De la aplicación de dichos procedimientos guiados por estos criterios será posible establecer si la evidencia lograda sustenta o no la hipótesis en cuestión.

Finalmente, en lo que se refiere al aspecto ontológico, se intenta establecer, a partir de las hipótesis básicas de las distintas ciencias, cómo debería ser el mobiliario ontológico del mundo si tales hipótesis fueran verdaderas. No obstante, las aproximaciones al aspecto ontológico no son consideradas por todos los epistemólogos de la ciencia como una materia perteneciente a su ámbito de estudios.

Al hablar de epistemologías especiales se presupone una distinción entre éstas y una epistemología general respecto de la cual se supone que las primeras tienen una relación de dependencia. Tal relación puede asumir diversas formas según el aspecto del discurso científico —lógico, semántico, metodológico u ontológico— que se considere como preeminente en la concepción que un filósofo tenga respecto de la arquitectura de las ciencias. Entre otras, pueden distinguirse las siguientes concepciones contemporáneas al respecto:

1. Si la relación de dependencia se basa en aspectos formales y conceptuales, la posición contemporánea más relevante es la del empirismo lógico (EL). El EL postula un ideal arquitectónico de la ciencia unificada, de acuerdo al cual la física se concibe como la ciencia básica. Las ciencias especiales debieran ser reducibles a la ciencia básica. Tales reducciones de carácter puramente semántico, excluyendo de este modo la reducción ontológica y la reducción como modalidad explicativa. Los conceptos teóricos que se articulan en una hipótesis no se refieren a inobservables, sino que son en principio reducibles a un conjunto de enunciados observacionales que verifican tales hipótesis (a lo que se denomina “lenguaje verificador de teorías”, para abreviar (LVT)). Llamaremos al LVT correspondiente a la ciencia básica, la física, el LVT fisicalista. De acuerdo con ello, una teoría perteneciente a una ciencia especial se incluye como un elemento dentro de la unidad de la ciencia solamente si dicha teoría es verificable en principio por el LVT fisicalista. Es conveniente hacer presente en este punto que el EL postula un tipo de reduccionismo que no implica la desaparición de las teorías de las ciencias especiales que resultan en principio susceptibles de reducción.

2. Si la dependencia entre una teoría correspondiente a la ciencia especial y la ciencia básica se visualiza desde un punto de vista ontológico y no lingüístico, entonces se hace necesario reducir las leyes de la ciencia especial a las leyes de la ciencia básica. En este caso debe suponerse que los fenómenos del mundo están regidos por leyes, concebidas éstas como patrones inherentes al mundo. No obstante, en el plano lingüístico hay enunciados de ley que permiten capturar los patrones que determinan el devenir de los fenómenos. Este tipo de reducción requiere del establecimiento de leyes-puente que expresan los conceptos de la teoría a reducir en términos de la teoría que reduce, de modo tal que las leyes de la última expresen las leyes de la primera.

En el plano ontológico, el tránsito desde las leyes a reducir hacia las leyes reductivas está asegurado mediante la aceptación del supuesto realista antes enunciado. Si así no fuera, el tipo de reducción en cuestión sería fácil de confundir con el reduccionismo semántico. Es necesario tener presente que este tipo de reducción puede implicar o no la desaparición de la teoría que es objeto de reducción (T1) y su consecuente reemplazo por la teoría que reduce (T2). Si la desaparición y reemplazo de la (T1) por la (T2) se lleva a efecto, estamos ante una forma de reduccionismo eliminativista de carácter ontológico. Este tipo de eliminativismo debiera diferenciarse del que surge de la aplicación del reduccionismo como una forma de explicación.

Ahora, obsérvese el caso en que (T1) sobrevive a la reducción sin ser reemplazada por (T2). En el tipo de caso en cuestión se reconoce, en el ámbito ontológico, una cierta especificidad de las propiedades señaladas por los enunciados de ley de (T1, ciencia especial), pero se afirma al mismo tiempo que dichas propiedades específicas necesitan ser, en última instancia, implementadas o sustentadas por las propiedades de (T2, ciencia básica). Hay, por lo tanto, una relación de dependencia ontológica de las propiedades de (T1 respecto de las propiedades de T2), a pesar de la previamente reconocida independencia relativa o especificidad de las propiedades de (T1), pero se afirma al mismo tiempo que dichas propiedades específicas necesitan ser, en última instancia, implementadas o sustentadas por las propiedades de (T2). Hay, por lo tanto, una relación de dependencia de las propiedades de (T1) respecto de las propiedades de (T2), a pesar de la previamente reconocida independencia relativa o especificidad de las propiedades de (T1). La relación en cuestión es especialmente útil para solucionar el problema de la naturalización de las propiedades correspondientes en el contexto epistemológico. Desde Kim se denomina superveniencia a este tipo de relación ontológica de dependencia.

Frente al reduccionismo meramente semántico que preserva las teorías reducibles al lenguaje fisicalista, y al reduccionismo ontológico que no necesariamente elimina las teorías reducidas, el eliminativismo tiende a enfatizar la supervivencia de aquellas que han llegado a un grado mayor de desarrollo en relación al sistema global. Por otra parte, la modalidad de eliminativismo que presento, y que también puede denominarse reduccionismo explicativo, se diferencia de las otras modalidades de reduccionismo por su carácter local. En efecto, al tomar constelaciones de disciplinas que tienen por objeto el estudio de un conjunto de propiedades dadas, no ponen tanto énfasis en el tratamiento del problema más global de la unidad de la ciencia, como lo hacía el empirismo lógico. Ello está en gran parte motivado por el carácter explicativo que confieren a la reducción. No obstante, la posición en cuestión parte del supuesto de que la ciencia es un conjunto sistemático de teorías.

En lo que se refiere a la epistemología de las ciencias especiales, es necesario decir que al estar conectadas a dominios teoréticos y de propiedades específicas, los problemas que se suscitan no son meras instanciaciones de los problemas generales de la filosofía de la ciencia general, aunque no por eso quedan desvinculadas de esta última. La pluralidad de problemas y aproximaciones que pueden suscitarse en el dominio de una ciencia especial quedan de manifiesto en el siguiente pasaje de Elliot Sober, en el cual el autor intenta caracterizar una filosofía de la ciencia especial, a saber, la filosofía de la biología evolucionista:

“La biología evolucionista es, sin lugar a dudas, de gran importancia científica. Pero la tarea que queda para los filósofos de la biología es la tarea de mostrar por qué tiene importancia filosófica... Al acercarse la filosofía y la biología no se debe perder de vista a ninguna de las dos. Saltar por la superficie de la biología difícilmente funcionará. Uno no se desplaza desde la filosofía de la geología a la filosofía de la biología simplemente cambiando su ejemplo de una generalización inductiva desde ‘todas las esmeraldas son verdes’ a ‘todos los cisnes son blancos’, Ni tampoco los filósofos pueden zambullirse en los detalles de los debates biológicos, pensando que la ciencia de algún modo importa por sí misma. Pero para nosotros como filósofos, la pregunta acerca de la significación filosófica siempre debe ser preeminente” (Sober 1984: 7).

Más que evaluar una teoría o disciplina estableciendo patrones normativos generales, lo que se persigue, por una parte, es captar la importancia filosófica de la misma. Esto significa exigir de la teoría en cuestión un punto de vista que nos permita una mejor comprensión de un sector de la realidad que debiera ser coherente con una concepción de la totalidad de la misma. Por otra parte, como lo expresa Sober, no hay que considerar que la ciencia tiene un valor en sí ni que la filosofía lo tiene. Ello implica el establecimiento de una relación de cooperación entre filósofos y especialistas que facilita una división del trabajo intelectual con roles bien definidos.

Para comprender adecuadamente las diferencias entre epistemología general de la ciencia y las epistemologías especiales de la ciencia es conveniente tener presente lo siguiente: Los problemas generales de la filosofía de la ciencia general no se abordan en el contexto específico de la relación filósofo-especialista, en cambio en las filosofías especiales de la ciencia tal relación existe y se establece dentro de un contexto común en el que ambos asumen roles complementarios y cooperativos. El filósofo puede incluso formular planteamientos que sugieran nuevas hipótesis o una aclaración o corrección de las ya existentes y el especialista puede visualizar la importancia que para la filosofía pueden tener algunas de las investigaciones específicas de su dominio.

Didáctica y Epistemología

La intención de este trabajo es aclarar lo que se entiende por 'epistemología' y establecer cuál es la que se utiliza en la comunidad internacional de educación matemática, elaborar críticamente los orígenes, significado y usos de las nociones de epistemología y reflexionar sobre nuestras prácticas como investigadores y educadores en relación con las teorías epistemológicas que utilizamos. No intentaremos ser exhaustivo en nuestro estudio de epistemologías de las matemáticas y de la educación matemática, en un sentido histórico ni en un examen de las teorías actuales. Se ha escrito principalmente para educadores de matemáticas –no para filósofos de la matemática– y vamos a

limitarnos a estudiar esas zonas que consideramos relevantes para nuestra audiencia (y para nosotros mismos). Aunque la revisión de la investigación que se ha hecho en educación matemática en relación con la epistemología no será exhaustiva, no obstante se abordan los principales problemas epistemológicos.

La epistemología como rama de la filosofía se ocupa de las posiciones fundamentales con respecto a los conocimientos científicos para darle respuesta a las preguntas: ¿cuáles son los orígenes de conocimiento científico? (¿empírica? ¿Racional?); ¿cuáles son los criterios de validez del conocimiento científico? ¿Son capaces de predecir hechos reales? (¿consistencia lógica?); ¿cuál es el carácter del proceso de desarrollo del conocimiento científico? (¿acumulación y continuidad? ¿Períodos normales de la ciencia, revoluciones científicas y discontinuidad? ¿Cambios y refinamientos en los programas científicos?).

Estas preguntas pueden ser interpretadas de diversas maneras. Se pueden hacer de forma general, como en el caso anterior, o pueden hacerse más específicas con respecto a algún dominio particular del conocimiento científico, por ejemplo, las matemáticas. Se puede también estar interesado en el conocimiento desde varias perspectivas. Puede preguntarse: ¿cuáles son los orígenes de la validez de nuestras creencias? o, ¿cuáles son las fuentes del significado del conocimiento, y ¿cómo está constituido el significado? Estas preguntas son diferentes porque el significado y la verdad son categorías distintas. También se puede preguntar: ¿Qué es la ontogénesis del conocimiento? y hablar del desarrollo de ‘estructuras cognitivas’, por ejemplo. O puede plantearse la cuestión sobre la ‘filogénesis’ de los sistemas discursivos de conocimientos como las matemáticas o sus partes.

Algunos prefieren abordar preguntas epistemológicas de forma filosófica y otros de una manera más científica. Otros preguntan: ¿cómo puede un resultado científico ser explicado racionalmente, sobre qué base fue obtenido? Por último: ¿cómo se obtuvo realmente un resultado científico dado?

Estas preguntas discriminarán entre las actitudes hacia una epistemología de los matemáticos fundacionalistas y de los educadores matemáticos. Los educadores matemáticos están generalmente menos interesados en estudiar el fundamento para la validez de las teorías matemáticas que en explicar los procesos de crecimiento del conocimiento matemático: sus mecanismos, las condiciones y los contextos de los últimos descubrimientos, las causas de los períodos de crisis y afirman que, desde el punto de vista de la teoría actual, parecen ser, o han sido erróneas.

Sierpiska y Lerman afirman que los educadores matemáticos están interesados también en observar y explicar los procesos del descubrimiento matemático en el quehacer, tanto en los matemáticos como en los estudiantes. En última instancia, como profesionales, el educador matemático investiga las formas de provocar estos procesos a través de la enseñanza. Si preguntamos por las cuestiones de certeza que ocupan a los educadores matemáticos, éstas se encuentran a menudo en el contexto de la discusión del concepto de error, sus diferentes categorías y las respuestas posibles del profesor como reacción a los errores de los estudiantes, sus ideas falsas o sus concepciones que se alejan de

aquellas que son aceptadas o esperadas⁴. Sin embargo, ha habido numerosos estudios de importancia de cuestiones filosóficas para la educación matemática.

No todos los educadores matemáticos comparten la misma epistemología, incluso si tratan cuestiones epistemológicas similares. Vamos a ver en la segunda parte de este trabajo que las líneas de división se encuentran demarcadas por cuestiones tales como el carácter subjetivo-objetivo de los conocimientos, el papel en la cognición del contexto social y cultural, y las relaciones entre lenguaje y conocimiento.

e le permite concebir y aplicar la evaluación no como una técnica o conjunto de instrumentos detectores de información sobre el rendimiento del estudiante, sino como un proceso que identifica al proceso docente-educativo como un objeto de investigación y como tal se evalúa, lo cual a su vez requiere del dominio de la investigación científica.

Se cumple esta función cuando la sociedad le confiere a la institución educativa la certificación de la formación impartida (conocimientos y competencias, habilidades, actitudes, valores y convicciones) para dar respuesta a las necesidades.

Fundamento metodológico

Como cruce entre el campo de las matemáticas, el campo educativo y el de la psicología, a lo largo de su historia la investigación en educación matemática ha tenido en cuenta diferentes métodos de investigación (incluyendo el modelo estándar de grupo de control, grupo de experimentación característico de la psicología), hallando un abanico de métodos propios que se han podido establecer en los últimos 30 años. Estos se basan en el estudio sistemático del aprendizaje y la enseñanza de la matemática. Clásicamente esto había significado también la utilización de dos posiciones o metodologías. Mientras que un sector de la comunidad se dedicaba a la investigación básica, otro importante sector se centraba en la investigación aplicada, es decir, el desarrollo y experimentación de nuevos métodos y materiales.

La experimentación básica se expresó por medio de la generación de teorías a partir de la observación empírica extensa, cuidadosa y sistemática de la enseñanza y el aprendizaje, con el fin de generar hipótesis que luego serían sometidas a más observación, para ser refinadas y pulidas, a la manera de la ciencia experimental. Sin embargo, esta tendencia ha recibido fuertes críticas ya que se duda de la contribución efectiva que puede hacer al proceso educativo en sí.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bartley, W. W. 1968. Theories of Demarcation between Science and Metaphysics, En Lakatos y A. E. Musgrave Ediciones.
2. Bernal, J. D. 1954. Science in History, Ediciones Londres

4 Y también en la discusión de problemáticas tales como: la certeza en la elaboración de preguntas abiertas o cerradas; sobre la justeza del sistema de evaluación diseñado, etc. (nota de los autores del programa)

3. Bernstein, J. 1967. A Comprehensible World: On Modern Science and its Origins, Nueva York: Random House.
4. Beveridge, W. 1937. The Place of the Social Science in Human Knowledge, en *Politica*, 2.
5. Born, M. 1949. Natural Philosophy of Cause and Chance, Oxford University Press.
6. Braithwaite, R. B. 1953. Scientific Explanation. Cambridge University Press.
7. Bunge, M. 1964. The Critical Approach to Science and Philosophy. Nueva York: The Free Press.
8. Duhem, P. 1906. The Aim and Structure of Physical Theory. Princeton University Press.
9. Feigl, H. 1964. What Hume Might Said to Kant, Ediciones Bunge.
10. Feyerabend, P. K. Explanation, Reduction and Empiricism. University of Minnesota Press.
11. -----1970b. Against Method, University of Minnesota Press.
12. Hume, D. Enquiries Concerning the Human Understanding and Concerning the Principles of Morals. Oxford, Clarendon Press.
13. Kuhn, T. S. The Structure of Scientific Revolution. Chicago University Press.
14. ----- 1968. Science: The History of Science. Nueva York, Macmillan.
15. Lakatos, I. 1994. Pruebas y Refutaciones, La lógica del Descubrimiento Matemático, Alianza Universidad.
16. ----- 1998. La Metodología de los Programas de Investigación Científica. Alianza Universidad.
17. ----- 1977. Matemáticas, Ciencia y Epistemología. Alianza Universidad.
18. Locke, J. 1994. Ensayo sobre el Entendimiento Humano. Fondo de Cultura Económica.
19. Leibnitz, G. W. 1677 Towards a Universal Characteristic. Nueva York, Scribner.
20. Mill, J. S. 1967. A System of Logic. Londres, Longmans.
21. Nagel, E. 1961. The Structure of Science. Nueva York, Brace and World.

22. Poincaré, H. 1902 La Science et l'Hypothèse. Nueva York, Dover.
23. Polanyi, M. 1951. The Logic of Liberty. Londres, Routledge and Kegan Paul.
24. Popper, K. R. 1945. The Open Society and Its Enemies. Londres, Routledge and Kegan Paul.
25. ----- 1957. The Poverty Of Historicism. Londres, Routledge and Kegan Paul.
26. ----- 1958. On the Status of Science and of Metaphysics. Ratio.
27. ----- 1959. The Logic of Scientific Discovery. Londres, Hutchinson.
28. ----- 1960. Philosophy and Physics. Atti.
29. Quine, W. V. O. 1953. From a Logical Point fo View. Harvard University Press.
30. Russell, B. A. W. 1919. Introduction to Mathematical Philosophy. Londres, George Allen and Unwin.
31. Toulmin, S. 1972. Human Understanding. Oxford, Clarendon Press.

Jorge Enrique Saby Beltrán Ph.D.