

Referentes sobre Uso Didáctico de Tecnologías Computacionales

Referentes Teóricos para el Uso Didáctico de Tecnologías Computacionales

El reconocimiento de la naturaleza mediada del conocimiento, la cognición situada, la cognición distribuida, la dialéctica exploración - sistematización, constituyen referentes fundamentales para el uso didáctico de nuevas tecnologías computacionales en la educación matemática.

Referentes Teóricos para el Uso Didáctico de Tecnologías Computacionales

1. Presentación

Se tiene como punto de base que motiva y sustenta el referente teórico que: toda interpretación está cargada de teoría. Con esto se asume que no hay hechos, teóricos o prácticos, al margen de una interpretación. Por eso, conviene a todo proyecto establecer unos presupuestos que se constituyen en el instrumento de interpretación de las acciones y situaciones que tienen lugar en la cotidianidad del mismo.

2. Referentes Generales

Se plantean como referentes generales que sustentan y orientan el uso didáctico de nuevas tecnologías en la educación matemática, contruídos y enriquecidos en el proceso de implementación en Colombia del proyecto "Incorporación de Nuevas Tecnologías al Currículo de Matemáticas de la Educación Básica Secundaria y Media", los siguientes:

2.1 La Educación Matemática

Desarrollada como disciplina científica y de investigación, que pretende ir más allá de la observación de las experiencias inmediatas recogidas en el salón de clases. Su evolución ha implicado un trabajo de elaboración teórica que pone de manifiesto su naturaleza interdisciplinaria y cuyo objeto de estudio resulta, por ello, de la síntesis de diversos puntos de vista: cognitivo, epistemológico, semiótico y matemático, entre otros. Va surgiendo así un conocimiento que no es privativo de ninguna de estas disciplinas por separado. Por ejemplo, en dicha síntesis, interviene la cognición, porque se trata de procesos de aprendizaje, y la epistemología, porque debe tomarse en cuenta tanto la naturaleza del conocimiento objeto de la enseñanza, del aprendizaje y de los mecanismos de control sobre la validez de dicho conocimiento. Por otra parte, la articulación de la enseñanza y el aprendizaje, como procesos diferenciados, se realiza mediante la comunicación. Esto implica la presencia de un componente semiótico en la síntesis antes aludida. Allí, en presencia de tal componente, se problematizan los procesos de producción de sistemas de representación, es decir, de los diversos sistemas de signos que han colonizado el paisaje de la comunicación matemática. Y desde luego, interviene la matemática.

Se reconoce que la Educación Matemática es pues, un dominio de estructura compleja. Quienes nos desempeñamos en ella tenemos el compromiso de contribuir con la construcción

de conceptos teóricos que, además de integrar las perspectivas de las diferentes disciplinas frente al acto educativo, sirvan para mejorar las prácticas de aula, desarrollando cada vez mejores propuestas de enseñanza que atiendan a las necesidades y realidades de los estudiantes y contribuyan con su aprendizaje.

A la luz de los avances en educación matemática, se considera que dos componentes tienen un papel destacado en el proceso de aprendizaje de las matemáticas: los sistemas semióticos de representación, que hacen posible tanto el tratamiento de los objetos matemáticos, como la activación de funciones mentales superiores, y el papel de las interacciones sociales, que permiten el desarrollo cognitivo a partir de la articulación de dinámicas individuales y grupales. En este sentido, se dan argumentos para apoyar la idea según la cual las tecnologías computacionales impactan ambas vertientes porque son fuente de gran diversidad de representaciones y se convierten en un medio de expresión de ideas que favorece el intercambio comunicativo entre el profesor y los estudiantes y entre los estudiantes mismos. No es extraño pues que las tecnologías computacionales hayan resultado de interés para los investigadores y educadores matemáticos, preocupados por entender el papel que juegan los sistemas de representación en el aprendizaje y las relaciones entre el currículo y las diferentes tecnologías que se llevan al aula.

2.2 Hacia nuevos diseños didácticos que incorporan tecnologías computacionales

Como se trata de introducir una nueva tecnología, se comienza reconociendo que los diversos aspectos de la organización del trabajo en el aula tales como las formas de distribución en el espacio físico, la regulación de los mecanismos de participación de los estudiantes, la organización del currículo, la naturaleza del conocimiento matemático escolar, entre otros, están determinados por la tecnología que circula en el aula.

La tecnología que aún domina en las clases de matemáticas, es la tecnología del papel y el lápiz. Dicha tecnología se ideó como una prolongación externa de la memoria, funcionando así durante siglos. La organización actual de las matemáticas escolares es el reflejo del conocimiento matemático generado dentro de la cultura escrita y por eso, el 85% de las tareas matemáticas en la educación básica y media consisten en hacer cálculos. En consecuencia, es frecuente creer que las habilidades matemáticas escolares tienen que ver con la habilidad de realizar algoritmos y procedimientos, actividades que en realidad no pueden considerarse como el aspecto más importante de un pensamiento matemático genuino.

Como la tecnología del papel y el lápiz ha perdurado durante mucho tiempo, se ha tornado invisible (pues nos hemos acostumbrado a su presencia) y las actividades que se generan a partir de ella se conciben como actividades matemáticas per se. Por eso, las destrezas con los cálculos algorítmicos se conciben como independientes de la herramienta y son confundidas con capacidades matemáticas puras. De esta confusión proviene el temor de usar calculadoras en la clase de matemáticas. Las calculadoras estarían haciendo el trabajo matemático que debe hacer el estudiante.

Cada vez se hace más fácil tener a nuestra disposición tecnologías computacionales que auxilian nuestra mente en el uso de algoritmos y cálculos, dadas sus posibilidades de procesamiento de la información. Ese hecho determina una nueva tarea para la didáctica: ¿cómo pensar en diseños didácticos teniendo en cuenta este impacto fundamental? La presencia de la tecnología nos compromete más a fondo con la tarea de reformulación de diseños didácticos y con la búsqueda de una actividad matemática más poderosa que la realización de algoritmos. A su vez, el interés por nuevos diseños didácticos obliga a reflexionar sobre la visión del conocimiento matemático escolar y sobre el aprendizaje de las matemáticas mediado por las tecnologías computacionales. Estas problemáticas son objeto del

análisis de las dos siguientes secciones.

2.2.1 Visión de la Matemática Escolar

Un primer elemento que se debe tener en cuenta en la tarea de rediseño didáctico, es el cambio en la naturaleza del conocimiento matemático escolar. ¿Cómo cambia el conocimiento que se produce en la escuela, al disponer de tecnología computacional, que procesa información?

En presencia de herramientas computacionales el trabajo del estudiante puede centrarse en tareas de procesamiento y análisis de la información, las cuales implican la activación de procesos cognitivos como la interpretación de resultados, la abstracción, la generalización, la verificación de hipótesis y la modelación. La dinámica mediante la cual estos procesos permiten a un estudiante reconstruir conceptos matemáticos fundamentales y usarlos en la resolución de problemas, es objeto de interés de un educador matemático, pues los sucesivos procesos de organización de las redes conceptuales para sistematizar un conocimiento cada vez más sólido, es lo que permite aprehender los elementos básicos de las versiones contemporáneas del cálculo, del álgebra, de la geometría, etc.

El diseño didáctico en donde se instala una nueva tecnología tiene entonces que redimensionar y redirigir, tanto los tratamientos como los contenidos de los temas propuestos en el currículo. Hay un cambio en la organización del conocimiento que se está tratando de movilizar en el aula, lo que implica que se necesiten actividades que se correspondan con una nueva manera de concebir la matemática escolar. Por ejemplo, el interés deja de estar centrado en las destrezas operativas, pues ahora interesa más el desarrollo de procesos de traducción, de interpretación, de modelaje, entre otros.

Con este nuevo enfoque se superan concepciones del conocimiento matemático escolar que coinciden con las concepciones apriorísticas de algunos matemáticos profesionales, para quienes lo que hay que entender y aprender de matemáticas, es algo dado de antemano, pues el significado de un enunciado pre-existe a su estudio. Según esta conceptualización, la enseñanza se concibe como un acto de transmisión pasiva, mediante el cual el estudiante recibe una pieza de conocimiento y debe asimilarla tal como la recibe.

2.2.2 Visión del Aprendizaje

El segundo elemento que hay que considerar en el rediseño didáctico, es la teoría de aprendizaje que lo sustenta. En el caso del proyecto, se ha tratado de sustanciar la tesis según la cual, los procesos de aprendizaje están instrumentalmente mediados, es decir determinados por las herramientas materiales y/o simbólicas de que se dispongan.

La tesis expuesta sobre el aprendizaje se ubica entre los acercamientos cognitivos que parten del constructivismo piagetiano y los acercamientos socioculturales desarrollados a partir de la obra de Vygotsky. Si bien ambos aceptan la existencia de procesos individuales y de influencias sociales, difieren considerablemente en la importancia que cada uno atribuye a estas dimensiones en el desarrollo de los conocimientos y del aprendizaje.

La posibilidad que brinda la tecnología de poder tener mayor comunicación para socializar por ejemplo la solución de una ecuación, comparar diversas versiones gráficas de una función, demostrar un teorema, entre otras actividades, hace que la cognición en un salón, o el acto de asimilar el conocimiento no sea algo que ocurre en privado, como suele suceder en un salón de clase con tecnología tradicional. Se hace visible la cognición distribuida. El poder pensar un poco más entre todos es mucho más poderoso. Se hace realidad el dicho según el cual dos cabezas piensan más que una, porque ahora hay los medios en el salón de clase para que esto sea un poco más real.

En definitiva, el campo de la psicología del aprendizaje está dividido en acercamientos complementarios, no incompatibles. El aprendizaje puede entenderse al mismo tiempo, como un fenómeno individual y social. En el plano de la educación, es razonable pensar que la combinación de situaciones individuales y de interacción social puede ofrecer las condiciones de aprendizaje más favorables, si se toman en cuenta tanto los estilos cognitivos de los estudiantes como la naturaleza de las relaciones que se establezcan entre ellos.

Un elemento que no se puede dejar de mencionar es que tanto las estructuras cognitivas como los instrumentos de mediación (lápices, hojas, escritura y otros sistemas simbólicos), están a su vez mediados por la valoración que se les otorga en los entornos socioculturales en los cuales se encuentran situados. Esto tiene una importancia considerable para la educación, pues ésta no puede implementar sus diseños didácticos, ignorando el contexto sociocultural del conocimiento. Desde el nivel psicológico mismo, ha sido reconocida la influencia del entorno social en la conformación de los objetos de conocimiento. En Piaget & García (1982, p.228) se afirma:

Bien pronto en la experiencia del niño, las situaciones con las cuales se enfrenta son generadas por su entorno social, y las cosas aparecen en contextos que les otorgan significaciones especiales. No se asimilan objetos "puros". Se asimilan situaciones en las cuales los objetos desempeñan ciertos papeles y no otros. Cuando el sistema de comunicación del niño con su entorno se hace más complejo y más rico...lo que podríamos llamar la experiencia directa de los objetos comienza a quedar subordinada...al sistema de significaciones que le otorga el medio social.

Desde el comienzo pues, los objetos son objetos cargados de significado social y la cognición no puede sustraerse a la influencia de lo social.

2.3 Hacia una cultura informática

Mediante la producción de herramientas se ha alterado nuestra estructura cognitiva y adquirido, por así decirlo, nuevos órganos para la adaptación al mundo exterior. El alto grado de especialización cognitiva alcanzado por el hombre se debió, no sólo al empleo de recursos tecnológicos materiales, sino también a los recursos semióticos que hacen parte de una tecnología simbólica. Así, por ejemplo, un pescador interpreta ciertos movimientos en el agua, como una señal de la presencia de peces; una nube de polvo se concibe como indicación de la aproximación de ciertos animales. Estos ejemplos no se refieren a una habilidad sensorial sino a la organización funcional de la percepción a partir de la utilización de sistemas de signos (los movimientos en el agua, la nube de polvo, entre otras cosas).

Actualmente vivimos inmersos en una cultura, la cultura teórica, producto de la consolidación de los sistemas de representación controlados por la visualización y la escritura. Nuestra cultura es una cultura del texto y de la imagen. El libro y las artes plásticas representan los valores culturales de nuestras sociedades. El cine, la música, las caricaturas, los sistemas de representación de las ciencias, que solemos llamar lenguajes especializados, son todos ejemplos de la capacidad puesta a nuestra disposición por los sistemas de representación externa.

Pero en las últimas décadas se ha comenzado a entrar en una nueva cultura; la cultura informática o virtual que está comenzando a generar una nueva reorganización de nuestro funcionamiento cognitivo. Probablemente cambiarán radicalmente nuestras estrategias de resolución de problemas y desarrollaremos nuevos conceptos, mediante la incorporación de nuevos sistemas de representación.

Los alcances de esta nueva revolución cognitiva ya se están empezando a vislumbrar.

Por ejemplo, se puede establecer una comparación entre una persona alfabetizada, producto de la cultura teórica y una persona que dispone de un computador puesto en una red y con acceso a Internet. Para tener acceso a la

información contenida en un libro, la primera persona tendrá que dirigirse a la biblioteca y si adquiere una copia para su uso personal, podrá tener acceso a la información que se halla contenida en él. Este es un acto personal. Si alguien más necesita la información, tendrá que esperar su turno de usar el libro. La segunda persona, en cambio, tendrá acceso a mucha información que no reside en el disco duro de su computador o en su archivo personal. Si la persona se encuentra en red con la biblioteca de su universidad, por ejemplo, puede acceder desde su casa a un sistema de memoria externa representado por la biblioteca. Esto tiene un impacto considerable: la biblioteca, como base de datos, es accesible a quien posea el código para entrar. Aquellos que pueden entrar comparten esa fuente de conocimiento. En otras palabras, tienen acceso a un soporte común de memoria externa.

La cognición distribuida, vista como una red que se activa mediante la comunicación entre las personas, rebasa a la de cualquiera de los miembros del grupo. Las limitaciones propias del computador pasan a un segundo plano pues ahora la información que se halla en la red queda a disposición de los usuarios. Entonces, en lugar de describir las capacidades del computador resulta mejor referirnos a las capacidades de la red y no limitarnos a lo que la máquina personal puede hacer por sí misma, si la desconectamos de esa red. Los efectos estructurantes de la cultura y la tecnología sobre el individuo, terminan siendo los más importantes, ya que el individuo siempre estará en red con los demás.

El ejemplo anterior pone de presente un hecho innegable. Cada vez es más evidente que los propósitos de la educación no pueden referirse a la adquisición de información porque en la cultura informática o virtual ésta se encuentra a disposición de quien la necesite. Debido a los acelerados cambios conceptuales que se logran gracias a la tecnología informática los sistemas educativos deben entrar en consonancia con las nuevas organizaciones sociales y comenzar a pensar en transformaciones curriculares en términos del desarrollo de herramientas cognitivas, que permitan a las nuevas generaciones enfrentarse a lo nuevo e inesperado. A continuación reflexionaremos sobre el impacto de la tecnología computacional y en el currículo de matemáticas.

2.4 Hacia un currículo de matemáticas mediado por las herramientas computacionales

Para nadie es desconocido que los sistemas educativos evolucionan al igual que la cultura y la sociedad, pues son los encargados de formar a las nuevas generaciones para su inserción social y para atender a las necesidades que la sociedad demanda. Se acepta sin lugar a dudas que los objetivos educativos, la organización curricular y en general las pautas de comportamiento escolar se adaptan a las condiciones socioculturales. De lo que poco se ha tenido conciencia es que en dicha evolución tienen mucho que ver las diversas tecnologías, materiales y simbólicas, que la sociedad va generando y que se incorporan poco a poco al sistema educativo, produciendo modificaciones a su interior que permiten ponerlo en consonancia con los avances sociales. Así por ejemplo, el uso del tablero a cambio de las pizarras personales, modificó el ambiente de la clase significativamente, haciendo de la enseñanza un acto colectivo. La presencia de libros, cuadernos y lápices produjo otro cambio sustancial al permitir tener un registro permanente de la información, liberando a la memoria de una carga inmensa de trabajo, para dar lugar a funciones cognitivas diferentes. Estos inventos no son otra cosa que ejemplos de tecnologías físicas que han condicionado las prácticas educativas en su momento.

La falta de conciencia de la influencia permanente de las tecnologías existentes en el sistema educativo hace que olvidemos que las tecnologías simbólicas, que hacen parte de los sistemas externos de representación, son prótesis culturales. Por esta razón, tomamos la presencia de estas tecnologías como parte del bagaje natural del estudiante, olvidando que dichos sistemas de representación sólo se hallan en relación simbiótica con la memoria natural, mientras no se tengan a disposición otros mejores.

Tenemos entonces la tendencia a creer que los productos de la tecnología son sólo aquellos que han sido desarrollados durante nuestro tiempo y pensamos que la incorporación de tecnologías computacionales al currículo es un fenómeno extraño. Sin embargo, el bolígrafo, los libros, el tablero, el signo igual, el álgebra, el alfabeto, son también tecnologías inventadas por el ser humano para servir de amplificadores y re-organizadores a su cognición. Un lápiz, por ejemplo, es una herramienta modesta desde el punto de vista de su elaboración material, pero su influencia ha tenido una profundidad insospechada. A través del lápiz y del papel, la escuela logró la democratización de la escritura y de la aritmética.

Producto de la cultura teórica, tanto el uso del libro como el trabajo con papel y lápiz, continúan siendo, en la institución escolar, actividades centrales en todos los niveles de escolaridad. El cambio de esta tecnología hacia la tecnología informática o virtual no es sencillo. En la historia de la educación tenemos ejemplos de las dificultades para aceptar que nuevas tecnologías ingresen al sistema. Por ejemplo, en algún momento, en el pasado, la gente pensó así:

"Los estudiantes de hoy dependen mucho de la tinta. No saben cómo usar una navaja para sacar punta a un lápiz. ¡La pluma y la tinta nunca sustituirán al lápiz! (National Association of Teachers, 1907).

"Los estudiantes de hoy dependen de la tinta comercial. No saben cómo preparar la suya. Cuando se les termine, no podrán escribir nada hasta su próximo viaje al pueblo. Es un comentario triste sobre la educación moderna". (The Rural American Teacher, 1929).

"El bolígrafo será la ruina de la educación de nuestro país. Los estudiantes los usan y después los tiran. Las virtudes americanas de economía y ahorro se están perdiendo. Los negocios y los bancos nunca permitirán tales lujos" (Federal Teacher, 1950).

Sin embargo, queramos o no, con el advenimiento de la cultura informática la introducción de cambios en el currículo se constituyen en un fenómeno natural y obligado. Por ejemplo, en los textos de las décadas pasadas, era frecuente hallar ejemplos que involucraban cálculos con logaritmos (el logaritmo de 123456), por lo cual los libros traían al final una reproducción de las tablas de logaritmos. Pero la llegada de las calculadoras científicas hizo obsoletas dichas tablas y prácticamente no volvieron a aparecer. Tampoco se dedica ahora tiempo para aprender a manipular la "característica" y la "mantisa" de un número, conceptos que eran fundamentales para usar la tabla de logaritmos. En el contexto de la época, esta destreza era valorada en la escuela como genuina capacidad matemática. Pero en una sociedad que emplea calculadoras científicas masivamente en el sistema educativo, esta destreza no se considera relevante por lo que su estudio ha sido suprimido del currículo.

Hoy, en las instituciones escolares se sigue enfatizando en las destrezas algorítmicas sin reconocer que esas destrezas son propias de una tecnología invisible del papel y el lápiz, y no propias de un pensamiento matemático profundo. De allí que las nuevas tecnologías, que todavía no se han hecho "invisibles" y que permiten que muchos cálculos se realicen pulsando una tecla, desafían nuestras concepciones tradicionales sobre lo que constituye la verdadera capacidad matemática. Por ejemplo, un estudiante dotado de una calculadora graficadora tiene el potencial de desarrollar nuevos métodos, nuevas estrategias de resolución de problemas, sacando partido de las capacidades de procesamiento y de graficación de su calculadora. La

sinergia que puede entonces ponerse en marcha, capacita al estudiante para trabajar a un nivel de complejidad matemática que puede ser totalmente inalcanzable sin dicha tecnología. Una asociación inteligente del estudiante y su calculadora amplía su zona de desarrollo próximo (Wertsch, 1993) pues le permite descargar en el instrumento la realización de cálculos, para dar paso a actividades cognitivas superiores tales como interpretar, argumentar, traducir, abstraer y modelar, entre otras.

Imaginando al estudiante con su calculadora como un sistema inseparable y aceptando que la actividad de este sistema es una forma legítima de actividad matemática, entonces la evaluación de lo que constituye la "inteligencia matemática" debe incluir la evaluación de tal sistema. Así como admiramos lo que hace un ciclista cuando conduce su bicicleta (sus destrezas como ciclista son inseparables del instrumento llamado bicicleta), deberíamos apreciar lo que logra un estudiante con su calculadora.

En un currículo que lleva mucho tiempo, los tópicos tradicionales se vuelven objetos culturales y se convierten en aquello que tiene valor en la escuela (la factorización, por ejemplo). En el diseño curricular que se necesita implementar, como ya se ha dicho, se retoman esos objetos culturales que son aceptados por la comunidad y se les da otro sentido, transformándolos y produciendo cambios, inicialmente poco a poco, sin violentar abruptamente el currículo actual para ir reorientando las temáticas y haciendo aparecer otras presentaciones cada vez más novedosas que aprovechan mejor el uso de los instrumentos computacionales y dan lugar a cambios curriculares tradicionales.

De cara a la introducción de calculadoras algebraicas y computadores en el currículo de matemáticas, estamos entonces ante dos posibilidades:

- # Entenderlas como herramientas de amplificación, que permiten tratamientos diferentes a los mismos temas.
- # Entenderlas como herramientas de re-organización cognitiva, que conducen a un trabajo matemático diferente.

En realidad, estas posibilidades constituyen las dos etapas de un mismo proceso: al introducir las calculadoras en la actividad de los estudiantes, se termina produciendo una nueva actividad matemática que, a su vez, genera una re-organización del conocimiento de los estudiantes. Debemos apresurarnos a decir que el paso de (i) a (ii) no es automático y es más bien lento y complejo (Moreno, 2002). Por esto, tiene sentido desde una perspectiva curricular, trabajar en un principio, dentro del marco de un currículo establecido previamente. Las innovaciones exitosas tendrán, por su parte, la capacidad de "erosionar" los currículos tradicionales. Aquí es donde la comprensión que se alcance sobre el conocimiento producido con el uso de una tecnología computacional como la calculadora, es fundamental.

3. Campos conceptuales del proyecto

Como se ha afirmado en las líneas precedentes, la importancia de las herramientas computacionales para la educación matemática está asociada a su capacidad para ofrecernos medios alternativos de expresión matemática, formas innovadoras de manipulación de los objetos matemáticos y estrategias variadas de acercamiento al conocimiento matemático. Por esta razón cuando se usa la tecnología en la escuela, hay que reconocer que no es la tecnología en sí misma el objeto central de nuestro interés, sino el pensamiento matemático que pueden desarrollar los estudiantes bajo la mediación de dicha tecnología.

Nuestro propósito general en esta sección, consiste en reconocer organizadores conceptuales que permitan entender cómo puede darse la incorporación de las herramientas informáticas desde perspectivas que han resultado fructíferas en la investigación didáctica y en la práctica misma del Proyecto.

3.1 La Mediación Instrumental

La presencia de los instrumentos computacionales en la educación matemática, ha hecho evidente el siguiente principio de mediación, sistematizado en el trabajo de Wertsch (1993): Toda acción cognitiva es una acción mediada por instrumentos materiales o simbólicos. Este principio plantea la relación indisoluble entre el instrumento de mediación usado y el conocimiento producido. Puede tratarse de un lápiz, un transportador, un compás, un texto o una calculadora; en todos los casos, el conocimiento construido depende de los instrumentos de mediación que se pongan en juego para su construcción y del lugar que tales instrumentos tengan en el entorno socio cultural.

En el proceso evolutivo de la humanidad, el empleo de herramientas constituyó una actividad consustancial a su desarrollo, desde el punto de vista biológico y socio cultural, ilustrando el hecho de que las transformaciones de nuestra especie obedecen a alguna forma de tecnología. El desarrollo del cerebro, en nuestra especie, ha estado en consonancia con el empleo de herramientas y el uso de éstas ha implicado una re-funcionalización de la actividad cognitiva.

Pero no sólo la historia de nuestra especie nos permite comprender el principio de mediación. También el desarrollo de las ciencias brinda escenarios ricos en ilustraciones. Pensemos, por ejemplo, en los avances de la biología y de la astronomía. Sería imposible imaginar el estado actual de estas disciplinas sin los recursos tecnológicos que se han desarrollado simultáneamente con sus cuerpos conceptuales. El microscopio no solamente es un instrumento que ayuda al biólogo experimental, como el telescopio para el astrónomo, sino que les da acceso a un nivel de estructuración de la realidad, imposible de alcanzar sin dicho instrumento. Entonces, su acción cognitiva está mediada por el microscopio y el conocimiento producido está afectado de modo sustancial por el mencionado instrumento.

Las matemáticas también son fuente de innumerables ilustraciones. En geometría, por ejemplo, el conocimiento que se obtiene al construir una circunferencia, será diferente si se emplea un compás o si se utiliza una moneda. Al emplear un compás, se fija un punto, una determinada abertura y se trazan los puntos alrededor del punto inicial, conservando la misma abertura. La idea de circunferencia que subyace en esta construcción es la del lugar geométrico de puntos que equidistan de un punto fijo. Si se emplea una moneda, ésta se fija y se traza el contorno de la misma. La idea de circunferencia que subyace allí, es la de una curva cuya curvatura es constante. Consideremos otro ejemplo: si se construye un cuadrado utilizando lápiz y papel, se observa su forma general plasmada en la representación estática que tiende a confundirse con el objeto geométrico representado, de manera que la idea de cuadrado se asocia con la percepción visual que se obtuvo; pero si se construye un cuadrado empleando un programa de geometría dinámica es posible variar su posición y su tamaño haciendo evidentes las propiedades geométricas específicas de cualquier cuadrado. La idea de cuadrado trasciende la percepción visual, para pensar en él como un objeto con propiedades geométricas particulares. Tanto la actividad cognitiva como el conocimiento producido es diferente cuando se emplean estos dos recursos de mediación.

Otros ejemplos en matemáticas que ilustran el principio de mediación, son las operaciones entre números o entre polinomios, que exigen el empleo de sistemas de notación numérica y algebraica, sin los cuales sería imposible realizarlas, constituyéndose estos sistemas en instrumentos simbólicos de mediación. Las destrezas con los cálculos

algorítmicos no son independientes del instrumento simbólico de mediación por lo tanto no pueden confundirse con capacidades matemáticas puras, al margen de éstos. El funcionamiento del sistema cognitivo no es inmune a las herramientas mediante las cuales se despliega la actividad intelectual, por lo que los sistemas de representación usados en matemáticas, afectan de manera sustancial el conocimiento producido.

En la vida cotidiana también encontramos ejemplos que ilustran el principio de mediación instrumental. Si preguntamos a dos pescadores que han empleado instrumentos diferentes en su actividad, acerca de la manera como se pesca, cada uno dará explicaciones diferentes dependiendo del instrumento usado. Es diferente la estrategia si se emplea un anzuelo, un punzón o una red. En éste y en los demás ejemplos mencionados, se ve que el desarrollo del conocimiento es inseparable de los instrumentos usados, pues las características centrales de una forma de conocimiento están en íntima relación con los instrumentos que sirven como mediadores en su proceso de construcción.

El principio de mediación instrumental permite entender el efecto estructurante de los instrumentos computacionales sobre el aprendizaje de los estudiantes, permitiendo, por ejemplo, identificar nuevas estrategias de solución de problemas o acercamientos conceptuales diferentes que se movilizan gracias a la presencia de dichos instrumentos. En el capítulo séptimo se mostraran ejemplos de esta mediación.

3.2 Representaciones ejecutables

Al reconocer la pertinencia del principio de mediación, se acepta también que al estudiar los objetos matemáticos es inevitable la mediación de recursos representacionales. Cada sistema de representación subraya diferentes características de una fenomenología o procedimiento que es representado y, la síntesis de la información obtenida de los diferentes sistemas, da origen a nuevos conceptos y procedimientos matemáticos. Si a un concepto matemático sólo se accede por medio de una representación se tendrá una imagen muy limitada de éste. Es lo que ocurre cuando se inicia el estudio de un nuevo tema en matemáticas: entre más representaciones se articulen, el concepto generado será más rico e incluyente.

El procesamiento, transformación, organización y comunicación de la información matemática se da a través de las representaciones; no hay conocimiento al margen de una actividad de representación. En efecto, el conocimiento implica una acción intelectual con respecto a las representaciones, por lo que éstas se constituyen en instrumentos de mediación fundamentales para procesar la información que llega a la memoria.

El reconocimiento del papel que juega la articulación de sistemas de representación en el aprendizaje, permite ver la importancia de incorporar tecnologías computacionales en la matemática escolar. Las calculadoras algebraicas actuales incorporan, además de los sistemas de representación numérico y gráfico, sistemas de manipulación algebraica y geométrica, lo que permite que una situación matemática puede ser estudiada desde cualquiera de estos puntos de vista (numérico, gráfico o simbólico) y, lo que resulta aún más importante, que dicha situación pueda estudiarse integradamente, desde los tres puntos de vista abriendo así la posibilidad a un establecimiento de nuevas relaciones entre las representaciones y, por ende, a una mayor elaboración conceptual de los objetos matemáticos involucrados en la situación bajo estudio.

Adicionalmente, con las tecnologías computacionales se cuenta con un nuevo recurso de representación: las representaciones ejecutables, es decir representaciones que simulan acciones privativas de nuestra cognición. Ejemplifiquemos esta nueva posibilidad de representación con la escritura de un texto. ¿Qué ocurre cuando el texto se ha escrito

utilizando un procesador de palabras? Al utilizar dicho programa, además de registrar el pensamiento del escritor, se hace posible el procesamiento de la información que queda registrada en ese medio de representación externa. Se puede, por ejemplo, usar el corrector de ortografía para revisar el texto, función que anteriormente estaba reservada a los seres humanos.

Veamos otro ejemplo en el campo científico. Cuando un investigador usa un programa estadístico instalado en su computador, introduce una serie de datos y el programa los organiza en una representación gráfica. Anteriormente ese proceso cognitivo lo realizaba el científico, pero ahora, ya no es necesario. La máquina hace algo más que registrar información: está pasando de un sistema de representación a otro (de los datos del científico a la gráfica) mediante la ejecución del primer registro de representación. El científico puede interpretar la gráfica y extraer conclusiones de ella, aunque no sepa cuál fue el proceso que utilizó el programa para generarla. De modo que al usar un computador, una persona no sólo tiene a su disposición un espacio de representación externa, como un cuaderno, sino la posibilidad de procesar esa información debido a la ejecutabilidad que le suministra la máquina, la cual externaliza un proceso cognitivo. Con las representaciones ejecutables se puede entonces simular una actividad cognitiva que sólo era posibilidad de los seres humanos, liberando la mente para dar lugar a otras funciones quizás aún insospechadas.

El medio dinámico que se pone a disposición del trabajo matemático, debe lograr cierto grado de fidelidad con los objetos representados. Esta fidelidad se refiere a diferentes aspectos:

Fidelidad física: en tanto visualmente se tenga la sensación de familiaridad con el objeto representado.

Fidelidad mecánica: en tanto si al desplazarlas su comportamiento obedece a las propiedades invariantes del objeto representado.

Fidelidad conceptual: en tanto con los objetos representados en la pantalla se pueda llegar a una conceptualización equivalente a la que se haría sin ellos.

Fidelidad epistémica: en tanto que con los objetos representados se produzca un conocimiento que no entre en contradicción con el que se puede obtener por otros medios.

En el Proyecto se está usando la calculadora como un instrumento de mediación para la construcción del conocimiento matemático escolar, que proporciona sistemas de representación ejecutables e incorpora una gran variedad de ellos, promoviendo así una organización funcional diferente de la cognición. La disponibilidad de las representaciones ejecutables promueve un desarrollo de la cognición, de tal suerte que genera una nueva forma de realismo de los objetos matemáticos que se están estudiando. Ello se da a partir de las opciones de manipulación abiertas por las representaciones computacionales. En efecto, los objetos que aparecen sobre una pantalla se pueden manipular de tal forma que se genera una sensación de existencia casi material. Por esta razón, investigaciones recientes (Balacheff & Kaput, 1996) señalan que el mayor impacto de las tecnologías en los sistemas educativos ha sido de orden epistemológico y cognitivo.

3.3 La naturaleza situada del conocimiento

Cada estudiante construye una versión del conocimiento que por naturaleza es situado, es decir, depende inicialmente en su construcción, de la especificidad del contexto en donde se ubica, que por ser particular le introduce características específicas al conocimiento, ligadas al instrumento que sirvió de soporte para su elaboración. Sólo en una etapa posterior,

se produce un proceso de descontextualización que gracias a la articulación de los diversos sistemas de representación, conduce a la conceptualización del conocimiento en forma abstracta.

Ilustremos este acercamiento a la idea de abstracción con un ejemplo: un padre entrega a su hijo adolescente una preciosa pieza de madera y le indica: cada vez que en tu vida de adulto cometes un error grave, introduces un clavo en la madera; cuando hayas logrado reparar tu error, extrae el clavo. Así tendrás, al final de tus días, una idea de cómo te has comportado con tus semejantes. Esta historia muestra una posible estrategia para enseñar a un adolescente una lección sobre la ética y los valores que deben normar nuestras relaciones humanas. Es una estrategia que se apoya en una imagen familiar para el adolescente, a saber, la madera con agujeros dejados por los clavos extraídos. Diremos que esta historia funciona como un soporte para el proceso de abstracción necesario para la conformación del concepto de dicho valor. En cambio, llegar a la idea de valores éticos mediante la síntesis de historias como la que se ha contado, es una forma aditiva de arribar a una noción abstracta. Esta forma aditiva parece estar más cerca de lo que ocurre cognitivamente. La noción clásica de abstracción se fija en la idea de extracción mientras que la idea aditiva toma en cuenta la re-organización a un nivel superior, de aquello que ya se había aprendido. Esto es posible si se logra generar redes de significación entre diversas ideas que en determinado momento aparecen como desconectadas.

La cognición de un estudiante no se adapta de modo natural a la organización formal de las matemáticas y la exigencia cognitiva que implica el enfrentarse al aprendizaje de éstas a partir de este tipo de organización es enorme y muchas veces improductiva. Se convierte en un reto para la didáctica la construcción de contextos en donde los estudiantes puedan coordinar sus ideas informales, es decir, los significados extra-matemáticos de una situación, con fragmentos de conocimiento matemático, para producir niveles de organización superiores que lleven a ideas más formalizadas. A estos escenarios se les denomina dominios de abstracción (Noss y Hoyles, 1996) porque son contextos que funcionan como soporte para la producción de ideas más generales y abstractas a partir de las iniciales. Los recursos que el medio pone a disposición de un estudiante estimulan la construcción de significados y el medio funciona como un soporte para el establecimiento de conexiones entre fragmentos de conocimiento. Desde esta perspectiva, se trata entonces de sacar provecho al hecho de que las semillas de lo abstracto se generan en nuestras interacciones con lo concreto. Esas relaciones matemáticas más generales que todavía dependen del medio de expresión empleado, son ejemplos de abstracciones situadas.

Los conocimientos nacen en contextos particulares aunque luego, como parte de la vida de dichos conceptos, puedan alcanzar niveles de organización que los hacen aparecer como fuera de cualquier contexto particular. Por ejemplo, para un topólogo, un espacio de Hausdorff, que evidentemente es abstracto, puede ser al mismo tiempo, tan concreto como una guayaba. Lo abstracto y lo concreto no son, en consecuencia, propiedades del objeto de conocimiento sino de la relación que uno logra establecer con ese objeto de conocimiento.

Un tipo de dominio de abstracción lo constituye el ambiente computacional que funciona como recurso de la exploración matemática de los estudiantes y le otorga direccionalidad al proceso de construcción de conocimiento. Por ejemplo, los programas de geometría dinámica, proporcionan una fuente inagotable de experiencias visuales que exteriorizan las relaciones geométricas en juego, posibilitando la construcción del sentido de las mismas y su uso en la formulación de conjeturas, la resolución de problemas y la argumentación, entre otras actividades, a partir de unos objetos geométricos iniciales y de la construcción de otros que se comportan de acuerdo a ciertas relaciones estructurales que dieron lugar a su construcción. Las figuras se constituyen en el hábitat de propiedades generales produciendo información nueva que da pie a la generalización y posterior construcción de nociones geométricas abstractas. Para el didacta es fundamental entender que

las ideas producidas inicialmente están íntimamente vinculadas al medio y articuladas a él. Es en ese sentido que el medio constituye una plataforma de lanzamiento de los posteriores y necesarios procesos de sistematización.

3.4 Exploración y Sistematización

La exploración y la sistematización son recursos metodológicos que favorecen la construcción de ambientes de aprendizaje. Se explora para organizar y se organiza para construir conocimiento. Cada nivel de exploración nos coloca en un nuevo nivel de sistematización y viceversa, generándose así un proceso dialéctico entre estas dos acciones.

Los recursos tecnológicos computacionales contribuyen a generar esta dinámica al funcionar como recursos estructurantes de la exploración matemática de los estudiantes, así como a generar ideas que se expresan a través del medio dentro del cual es posible desencadenar una exploración sistemática que da lugar a proposiciones abstractas, inicialmente situadas y posteriormente formales.

Los estudiantes pueden expresar la generalidad matemática, que inicialmente depende del medio, para luego articular los resultados de sus exploraciones y llevarlos más allá del medio computacional, hacia las descripciones abstractas de las estructuras matemáticas. Se hace posible partir de la exploración de ideas dentro de ámbitos particulares, concretos y manipulables pero que contienen la semilla de lo general y lo abstracto. Con el tiempo, es posible articular los resultados de las exploraciones de manera tal que éstos puedan ser llevados más allá del medio computacional hacia dominios de teorías matemáticas abstractas.

3.5 Fluidez algorítmica y Fluidez conceptual

Estos dos conceptos se desarrollarán teniendo presente que se acepta la actividad matemática que realiza el estudiante con la calculadora, como una actividad matemática legítima.

En ese sentido, la fluidez algorítmica es el rasgo que define la actividad de la sociedad cognitiva del estudiante con la máquina. Por ejemplo, se refiere a la manera como el estudiante se asocia con ella para producir la gráfica que le da la respuesta a un problema, factorizar un polinomio aprovechando la información suministrada por el polinomio factorizado, diseñar una estrategia para cuadrar la ventana de graficación de una función, entre otras acciones. Esta fluidez potencia la capacidad expresiva, porque lo que la máquina manipula finalmente son algoritmos. Cuando se analizan las producciones del estudiante, hay que tomar en cuenta que la selección de una estrategia para el abordaje de un problema puede estar supeditada a la demanda algorítmica que implica. Cuando el estudiante ha adquirido cierto dominio sobre la herramienta, puede elegir estrategias cuya demanda algorítmica quede cubierta por ella. Si esto ocurre, se está en posibilidades de interpretar este hecho como un nivel adecuado de fluidez algorítmica del estudiante.

Por su parte, la fluidez conceptual es la manifestación que permite la interpretación de lo que ocurre con la asociación estudiante-máquina, en términos de la conceptualización matemática. Hace referencia a la manera como el estudiante se mueve en su red conceptual, articula los conceptos, genera mayor organización, se mueve a partir de la red conceptual generando mayores sinapsis conceptuales y cómo incorpora la calculadora a sus redes conceptuales.

El uso de la calculadora, como socio cognitivo del estudiante, no solamente hace posible un mayor desarrollo de su fluidez algorítmica. De hecho, tal desarrollo no puede

aislarse de una mayor articulación de sus redes conceptuales. Por eso no se puede hablar solo de fluidez algorítmica ni solo de fluidez conceptual. Tenemos que hablar de ambas ya que un conocimiento se instala siempre en una habilidad. La mediación de las calculadoras dinamiza un proceso de articulación conceptual, que eventualmente va a reflejarse como un nivel superior de fluidez algorítmica y conceptual, lo que a su vez permitirá ver, entre otras cosas, cómo cambia de un sistema de representación a otro, cómo potencia la visualización, cómo redefine su campo de habilidades computacionales, cómo realiza la interacción entre conjeturas, exploraciones y refutaciones, cómo madura en exploración y sistematización y cómo socializa su intervención.

En el archivo anexo encontrará la versión completa del documento.

recurso_1 (document/doc)