

PRINCIPIOS CONSTRUCTIVISTAS PARA LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA

GUILLERMINA WALDEGG

Las concepciones de los educadores respecto al conocimiento matemático —cuál es su naturaleza, cómo se desarrolla, cómo se transmite, etcétera— determinan el tipo de práctica educativa a la que se verán sometidos los estudiantes. Las corrientes constructivistas han tratado de modificar las concepciones de los maestros otorgando un papel más activo al educando; sin embargo, una transformación de este tipo reclama un cambio integral que incluye tanto programas de actualización para los docentes en ejercicio, como una revisión cuidadosa de los contenidos curriculares, los textos y materiales didácticos, los procesos de evaluación y los programas de formación inicial de los futuros enseñantes. En este artículo se analizan los principios de base de las epistemologías constructivistas y la manera como éstos inciden en cada una de las facetas de la educación matemática.

CONSTRUCTIVISMO COMO TEORÍA EPISTEMOLÓGICA

Las teorías constructivistas son, ante todo, teorías epistemológicas; es decir, son teorías que nos proveen de una explicación de cómo se produce el conocimiento, y de cuáles son las condiciones para que esta producción tenga lugar. Existen, hoy en día, muchas corrientes epistemológicas que reclaman el apelativo de “constructivistas” y como, en general, han tenido una fuerte influencia en la educación matemática en todo el mundo, vale la pena aquí tratar de determinar lo que tienen en común todas ellas para, a partir de ahí, precisar sus efectos en cada una de las componentes que conforman los procesos educativos de las matemáticas.

Definido de manera mínima, el conocimiento es la puesta en relación de un sujeto cognoscente con un objeto de conocimiento, por la intermediación de una estructura operatoria. Esto significa que cada vez que se enuncia una proposición que traduce un saber se movilizan estos tres elementos —el sujeto, el objeto y la estructura. Dos ejemplos ayudarán a clarificar este intento de definición: “La golondrina es un ave” es una proposición que refleja un conocimiento; se trata de un enunciado que manifiesta que un sujeto ha procedido a realizar una operación de clasificación y que, al final de esta operación, puede identificar un objeto que pertenece al género “ave”. El segundo ejemplo es un poco más complejo pero satisface la misma descripción: “Los

cuerpos se atraen en razón directa a sus masas y en razón inversa a la distancia que los separa”. Esta es una proposición que supone un sujeto (Newton) que ha puesto los objetos del mundo en relación gracias a estructuras cognitivas como funciones, números, coordenadas espaciales, etcétera.

Las teorías del conocimiento se preguntan sobre el origen y la naturaleza de las *estructuras* que el sujeto requiere para describir el objeto de conocimiento al cual se está enfrentando. Es razonable entonces proponer una tipología general que nos permita ubicar, de manera económica, las principales corrientes epistemológicas a partir de nuestra definición mínima de conocimiento (ver Tabla N° 1).

Si la estructura se origina en	La teoría es
el sujeto	racionalista
el objeto	empirista
el objeto y el sujeto	constructivista
la relación	estructuralista
ninguno de ellos	idealismo de tipo platónico

Tabla N° 1. Tipología de corrientes epistemológicas

Esta manera de considerar el espacio intermedio entre el sujeto y el objeto en el acto de conocer tiene algunas ventajas. Nos permite, por ejemplo, comprender cómo la lógica se vuelve, después de Aristóteles, *la ciencia de las estructuras generales* que se interponen entre el sujeto y el objeto. Si la lógica se polariza hacia el sujeto, se confunde con la *psicología*; si se centra en el objeto, se asimila a la *ontología*¹. Si se sitúa resueltamente en el espacio intermedio entre sujeto y objeto, se define como “el estudio de las condiciones formales de la verdad”.

Lo que distingue una teoría del conocimiento de una lógica, en el sentido que acabamos de sugerir, es que la teoría del conocimiento no se limita a describir la estructura que condiciona la producción de la verdad; sino que, además, busca evaluar las partes que corresponden al sujeto y al objeto en la constitución de un saber. Es así que la reflexión filosófica sobre el acto de conocer, desde muy temprano, se planteó el problema del origen del conocimiento en forma de una disyuntiva: o bien el conocimiento es el resultado del registro de la información ya organizada en el mundo exterior (como afirman los empiristas), o bien, es producido por el sujeto que posee la facultad de organizar los datos inmediatos de la percepción (como lo aseguran

1. La ciencia que estudia el Ser en tanto Ser y sus atributos esenciales (Aristóteles).

los racionalistas). Aristóteles, Descartes, Locke, Leibniz, Hume y Kant son algunos de los muchos protagonistas de debates abiertos por esta disyuntiva que se ha vuelto canónica en la historia de la filosofía. Las corrientes constructivistas constituyen el *tertium* (la tercera opción) ante esta disyuntiva, ya que sitúan el origen y la naturaleza de las estructuras operatorias que median entre el sujeto y el objeto en la *interacción* entre éstos.

HIPÓTESIS DE BASE DE LAS TEORÍAS CONSTRUCTIVISTAS

Las corrientes constructivistas de la actualidad, que han tenido resonancia en la educación, tienen sus orígenes en dos grandes vertientes desarrolladas en la primera mitad de este siglo, la primera, atribuida a Piaget y, la segunda, a Vygotsky; la primera pone un énfasis mayor en el individuo, la segunda, lo pone en la sociedad. Sin embargo, lejos de tratar de señalar sus diferencias y prolongar una discusión que se ha vuelto particularmente efervescente en los últimos tiempos, me interesa aquí reconocer el núcleo común que nos hace identificarlas como teorías constructivistas; este núcleo común está compuesto por sus supuestos teóricos: tanto las teorías originales como las derivadas de ellas comparten una serie de hipótesis sobre las que está construido todo el cuerpo teórico. Estas hipótesis, que se revisarán brevemente a continuación, son de tres tipos:

- hipótesis gnoseológicas, que explican qué es el conocimiento,
- hipótesis metodológicas, que se refieren a cómo evoluciona el conocimiento,
- hipótesis éticas, concernientes al valor social del conocimiento.

Hipótesis gnoseológicas (qué es el conocimiento)

Hipótesis fenomenológica²

La primera de las hipótesis sobre la naturaleza del conocimiento, que constituye la hipótesis central de todo acercamiento constructivista, es la llamada *hipótesis fenomenológica*. Una frase de Piaget, citada a menudo desde hace algunos años por las epistemologías constructivistas, puede introducir esta hipótesis sugiriendo su potencial riqueza cognitiva. Se trata de un extracto de *La construcción de lo real en el niño* —título más que

2. El fenómeno, según Kant, es el objeto de la experiencia posible frente a lo que es simple apariencia ilusoria y frente a lo que está más allá de la experiencia misma. El fenómeno se opone al *noumeno* (la cosa en sí).

significativo— una de las primeras obras del psicólogo del desarrollo cognitivo que era Piaget en 1937:

La inteligencia (y entonces la acción de conocer) no empieza así por el conocimiento de mí, ni por el conocimiento de las cosas como tales, sino por el conocimiento de su *interacción*; es orientándose simultáneamente hacia los dos polos de esta interacción que la inteligencia *organiza al mundo organizándose ella misma* (p. 311).

La hipótesis fenomenológica, en una expresión más coloquial, supone que el conocimiento tiene su origen en la *acción mutua del individuo y de su medio* (físico o social) y, entonces, en la *experiencia*³ del individuo; pero esta experiencia no es sólo la experiencia vivida, sino que incluye también la experiencia cognitiva y, en general, la experiencia posible en el sentido de Kant⁴.

Aceptar que el conocimiento tiene una naturaleza fenomenológica nos permite explicar algunas de las características de la cognición:

Irreversibilidad de la cognición. El concepto de acción implica el de temporalidad; la instantaneidad absoluta parece inconcebible al sujeto cognoscente porque no ha tenido jamás esta experiencia cognitiva.

Dialéctica de la cognición. La hipótesis fenomenológica permite expresar el carácter dialéctico que el sujeto cognoscente atribuye a sus percepciones; y que puede sintetizarse en la fórmula de Pascal: “Todas las cosas son causadas y causantes, ayudadas y ayudantes, mediatas e inmediatas [...]”. Esta caracterización dialéctica de lo real cognoscible debe, sin duda, ser postulada y la hipótesis fenomenológica lo hace manifiestamente, puesto que el conocimiento de los fenómenos que el sujeto pretende modelizar se expresa, justamente, por medio de las interacciones de lo sincrónico y lo diacrónico, de lo organizado y lo organizante.

Recursividad de la cognición. El carácter recursivo del conocimiento de los fenómenos da cuenta de la interdependencia asumida entre el fenómeno percibido y su conocimiento construido: la representación de un fenómeno cognoscible, que construye una representación activa, que transforma recursivamente el conocimiento que tenemos de él, la cual, a su vez, ... El

3. Según Kant, no es posible conocer nada que no se halle dentro de la «experiencia posible». Como el conocimiento, además, es conocimiento del mundo de la apariencia —en el sentido kantiano de este término—, la noción de experiencia se halla íntimamente ligada a la de apariencia.

4. Kant dice que una experiencia es posible si ofrece las garantías de que lo que proyecta se inscribirá dentro del marco de referencia de espacio y tiempo, y será aprehendido gracias a esos conceptos puros del entendimiento que uno llama “categorías”.

biólogo Th. Dodzahansky ha expresado esta hipótesis de recursividad en una bella fórmula:

Cambiando lo que conoce del mundo, el hombre cambia el mundo que conoce. Cambiando el mundo en el que vive, el hombre se cambia a sí mismo (Dodzahansky, 1961, p. 391).

Hipótesis teleológica

Una segunda hipótesis referente a la naturaleza del conocimiento es la hipótesis teleológica, común a todas las teorías constructivistas.

Al atribuir al sujeto cognoscente el papel decisivo en la construcción del conocimiento, la hipótesis fenomenológica obliga, en cierto sentido, a tener en cuenta la intencionalidad o la finalidad del sujeto cognoscente.

No sólo el comportamiento cognitivo del sujeto se interpreta más fácilmente en términos de “causas finales⁵” que en términos de “causas eficientes⁶” (Aristóteles) sino, sobre todo, la determinación y la transformación de estas finalidades que, a menudo, se deben interpretar en términos endógenos, autoproducidos por el sujeto mismo o por el medio sociocultural en el que está inmerso.

Hipótesis metodológicas (cómo se construye el conocimiento)

A pesar de las diferencias entre los distintos enfoques constructivistas, en todos ellos están presentes dos principios metodológicos que rigen la construcción del saber; éstos son el principio de la «acción inteligente» y el principio de la «modelación sistémica».

Acción inteligente

El “principio de la acción inteligente” se refiere a la capacidad de un sistema cognitivo que explora y construye las representaciones simbólicas del conocimiento que trata. El término está tomado del filósofo pragmático (psicólogo y pedagogo) J. Dewey que designaba por “acción inteligente” el proceso cognitivo por el cual, si el intelecto percibe una disonancia entre sus comportamientos y sus proyectos, entonces construye una representación de esta disonancia y busca inventar algunas respuestas o planes de acción susceptibles de restaurar la consonancia deseada (lo que uno llama la “búsqueda de la coherencia” o, más en las corrientes didácticas, la “resolución de problemas” en un sentido amplio).

5. Causa final: realidad hacia la cual algo tiende a ser (Aristóteles).

6. Causa eficiente: Principio del cambio (Aristóteles).

Modelación sistémica

El desarrollo contemporáneo de los principios metodológicos de la modelación sistémica parece tan estrechamente asociado al desarrollo concomitante de las epistemologías constructivistas, que uno podría preguntarse si no se trata de dos caras de la misma moneda. Creo que la historia de uno y del otro revela su autonomía y aun su *cuasi* independencia conceptual, pero parece que la emergencia de las epistemologías constructivistas ha sido sensiblemente activada por los cuestionamientos epistemológicos planteados por los acercamientos sistémicos de los años cincuenta a setenta, a los que las epistemologías tradicionales no han sido capaces de dar respuesta.

El principio de la modelación sistémica sostiene que el comportamiento cognitivo tiende a buscar explicaciones *holísticas* que pongan en concordancia el mayor número de experiencias y fenómenos conocidos y que relacionen de manera articulada los conceptos, nociones e ideas de las estructuras teóricas o cognitivas ya constituidas, esto, en los distintos niveles de la explicación. El fenómeno que se quiere explicar mediante este tipo de modelación se concibe como un *sistema complejo* en el que intervienen, de manera estructural, factores de distinta naturaleza cuya variación produce reacomodos y reacciones de las otras partes del sistema. La modelación sistémica es, por su naturaleza, interdisciplinaria, i.e. requiere del concurso de distintas disciplinas para su puesta en marcha.

Hipótesis éticas (cuál es el valor del conocimiento)

El argumento gnoseológico inicial que comparten todas las epistemologías constructivistas (y aquí hay que decir que, potencialmente, las epistemologías constructivistas están tan divididas en sus variantes como lo están las epistemologías tradicionales), es el de la primacía absoluta del sujeto cognoscente, capaz de asignar algún valor al conocimiento que construye: el conocimiento implica un sujeto cognoscente y no tiene sentido o valor fuera de él.

Este conocimiento de la experiencia del sujeto, ya sea físicamente sensible o percibida cognitivamente, es conocimiento *si el sujeto le atribuye algún valor propio*. Valor cuya definición no puede ser sostenida independientemente del sujeto cognoscente (como lo sería, por ejemplo, el valor de la “verdad objetiva” para un empirista, o de “verdad revelada” para un creyente). Esta renuncia consciente al valor de verdad objetiva, sin duda, ha retardado la aceptación de las teorías constructivistas por parte de las epistemologías tradicionales, que todavía recuerdan los grandes esfuerzos para sustituir la verdad revelada con la verdad objetiva. Desde el momento en que uno acepta que el valor de un conocimiento por un sujeto cognoscente depende, en la práctica, de su apreciación de las consecuencias de las ac-

ciones que él elabora, refiriéndose conscientemente a este conocimiento, el criterio aparentemente simple de verdad objetiva (o de verdad revelada) resulta menos aceptable. La búsqueda de criterios alternativos, como el de “verdad intersubjetiva” o de “viabilidad” (propuesto por von Glasersfeld), permite, sin duda, salvaguardar formalmente el principio de externalidad del valor del conocimiento, pero en la práctica, esta intersubjetividad constituye una expresión que disimula mal un pragmatismo que más valdría asumir que discutir.

Este valor pragmático que los constructivistas proponen para expresar el necesario valor atribuido a todo conocimiento, tiene además el mérito de prestarse fácilmente a la definición de las políticas de investigación científica, eliminando la distinción entre los conocimientos llamados fundamentales y los aplicados, que debe ser argumentada por las epistemologías tradicionales. Antes de continuar con la siguiente sección, presentamos un resumen de las hipótesis de base de las teorías constructivistas (Figura N° 1).

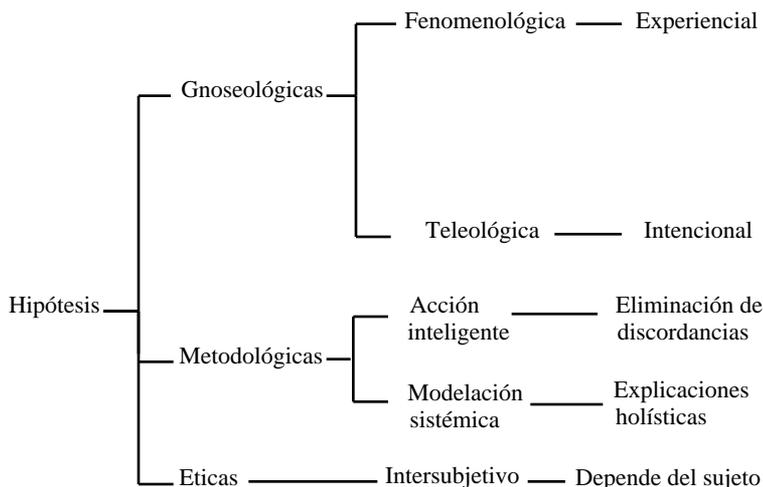


Figura N° 1. Hipótesis de base de las teorías constructivistas

CONSTRUCTIVISMO EN EL AULA DE MATEMÁTICAS

¿Cuáles son las consecuencias de adoptar una epistemología constructivista (incluidas sus hipótesis de base) en la elaboración de teorías psicológicas del aprendizaje y de teorías pedagógicas referidas a la enseñanza? ¿Cómo modifican las hipótesis constructivistas las actividades en el aula de mate-

máticas? Estas preguntas deben ser respondidas desde dos puntos de vista: el del alumno y el del maestro. Iniciaremos con el primero.

Papel del alumno

Las teorías constructivistas reivindican de manera central el papel activo del estudiante en la construcción de su conocimiento. Esto no significa, como en algún momento se entendió, que había que dejar solo al estudiante —de preferencia enfrascado en una especie de activismo físico, rodeado de materiales didácticos— para que la “construcción” se diera de manera automática enmarcada en un desarrollo cognitivo predeterminado.

Muy por el contrario, los acercamientos constructivistas actuales suponen una responsabilidad del estudiante que implica una intensa actividad intelectual (más que física), resultante del enfrentamiento a situaciones novedosas, y muy probablemente perturbadoras, a partir de la experiencia previa (vivida o cognitiva) del estudiante.

El estudiante de matemáticas, equipado con una serie de explicaciones y operaciones provenientes de sus experiencias cognitivas previas y de los distintos contextos en los que éstas han sido desarrolladas, tratará de enfrentar, de manera global, las situaciones novedosas (nuevas experiencias), incorporándolas a su propia visión (recordemos los principios de la acción inteligente y de la modelación sistémica).

Las maneras en las que el estudiante logra extender o ajustar sus explicaciones para manejar una situación nueva son múltiples: mediante la discusión de sus conjeturas con sus compañeros de clase, mediante la contrastación de sus resultados con resultados anticipados, mediante la modificación de las condiciones originales de la situación para llevarla a circunstancias conocidas, con la utilización de mediadores como la computadora, la calculadora u otros materiales (los mal llamados manipulativos), etcétera. Estas formas de ajuste de las estructuras cognitivas del estudiante han sido desarrolladas, con mayor o menor extensión por los acercamientos constructivistas enfocados a la educación: constructivismo radical, constructivismo clásico de Piaget, constructivismo social o socio-cultural, construccionismo, acercamientos socio-históricos, etcétera.⁷

Partir de una teoría constructivista para explicar el aprendizaje del estudiante implica aceptar que:

- El estudiante requiere de una experiencia novedosa para conocer. Las experiencias pasadas ya produjeron el aprendizaje correspondiente (hipótesis fenomenológica).

7. Para un panorama general sobre las corrientes constructivistas actuales véase, por ejemplo, Steffe y Gale (1995).

- El estudiante aprende intencionalmente. Hay una determinación por “resolver” la situación novedosa (hipótesis teleológica).
- El estudiante aprende a partir de sus conocimientos previos que modifica o adecua con el fin de incluir coherentemente la nueva experiencia (hipótesis de la acción inteligente y de la modelación sistémica).
- El estudiante valora su propio aprendizaje y lo comparte (hipótesis ética).

En el aprendizaje de las ciencias, y principalmente de las matemáticas, las llamadas *situaciones problemáticas* son situaciones de aprendizaje que responden a los supuestos teóricos constructivistas. Una situación problemática es una situación *novedosa* caracterizada en función de las hipótesis mencionadas, así:

- es significativa para el estudiante porque se encuadra en contextos o circunstancias que les son familiares y atractivos y, por tanto, motivantes;
- el estudiante es capaz de resolverla a partir de sus conocimientos y estructuras cognitivas previas; pero
- representa un desafío intelectual porque, lejos de requerir de un algoritmo o de un procedimiento rutinario, es una situación diseñada para obligar al estudiante a reestructurar sus conocimientos y explicaciones con el fin de dar solución al problema;
- da lugar a una modificación de las estructuras cognitivas previas del estudiante que le permite incluir, en las explicaciones originales, nuevos casos o contextos de aplicación de los conceptos involucrados.

El estudiante, entonces, al resolver una situación problemática, logra un aprendizaje significativo porque reconoce el nuevo conocimiento como medio de respuesta a una pregunta nueva. Lo que da sentido a los conceptos o teorías son los problemas que consiguen resolver.

Papel del docente

Cuando, a finales de la primera mitad del siglo, se empezó a considerar la conveniencia de aplicar las teorías constructivistas a la educación —principalmente a raíz del auge de la psicología genética de Piaget—, se sintió peligrar el papel tradicional y protagónico que el maestro había desempeñado hasta ese momento. Se pensó que el maestro se debía convertir en un

observador con poca o nula intervención en el proceso educativo, limitado a registrar el nivel de desarrollo de sus alumnos.

El papel que los enfoques constructivistas actuales otorgan al profesor es, de nueva cuenta, un papel central: el maestro en el aula de matemáticas es el encargado de proporcionar a los estudiantes las situaciones didácticas significativas que les permitan utilizar sus conocimientos y experiencias previos. Esto significa que el maestro

- conoce bien a sus estudiantes y está listo para ofrecer una situación interesante en las circunstancias que se presenten, enmarcándola dentro del programa de estudios correspondiente;
- anima las discusiones para que los estudiantes se involucren en la resolución de las situaciones de aprendizaje;
- a partir de preguntas, comentarios y sugerencias, guía las discusiones de sus alumnos para que logren alcanzar las metas cognitivas definidas por el currículo;
- aclara las ideas, afirma los conceptos, proporciona terminología y presenta la formalización requerida por el conocimiento matemático establecido;
- presenta una serie de contextos diferentes que admiten similares matematizaciones y que permiten ampliar el campo de significados del concepto en cuestión.

Evidentemente, el papel del maestro de acuerdo con la visión constructivista es mucho más activo y creativo que el que supone la pedagogía tradicional y, en ese sentido, mucho más difícil de lograr: lejos de disponer de prescripciones o fórmulas para su actividad docente cotidiana, el maestro debe tener una actitud receptiva que le permita proporcionar los elementos necesarios para promover la actividad cognitiva de sus estudiantes, respetando las diferencias individuales y, al mismo tiempo, fomentando las actividades en grupo.

Ante un enfoque constructivista de la educación, el maestro tiene, en todo momento, una doble responsabilidad que se manifiesta como una tensión permanente en su quehacer: por un lado, debe respetar el ritmo natural de la actividad cognitiva de sus estudiantes y, por el otro, debe cubrir los contenidos conceptuales que la sociedad ha determinado como los mínimos necesarios para la formación del futuro ciudadano. Ya que la primera componente del compromiso docente no puede modificarse, desde un punto de vista constructivista, es necesario revisar la organización de la segunda componente, esto es, el currículo.

CONSTRUCTIVISMO EN EL CURRÍCULO DE MATEMÁTICAS

De manera evidente, modificar sustancialmente las actividades del maestro y del alumno, así como los tiempos y la dinámica del trabajo escolar, implica una reconsideración profunda de los contenidos y objetivos de aprendizaje de los cursos de matemáticas dentro del aula constructivista.

La mayoría de los currículos, sobre todo de matemáticas, considera presentaciones sucesivas de un mismo contenido a lo largo de toda la vida escolar del estudiante. Esto obedece a una concepción de un aprendizaje basado en repeticiones, revisiones y memorizaciones. Cuando el aprendizaje es significativo, no es necesario retomarlo en el mismo nivel de complejidad en cada grado escolar. Un currículo basado en teorías del aprendizaje constructivistas, deja mucho más tiempo para la creación y mucho menos para la repetición estéril.

Adicionalmente, si los objetivos de los cursos de matemáticas se organizan alrededor de la capacidad del alumno para resolver problemas (en el sentido amplio del término) como lo proponen, al menos discursivamente, la mayoría de las reformas nacionales actuales, entonces una serie de actividades, contenidos y tareas que antes ocupaban un espacio importante en el currículo dejan de tener sentido. ¿Qué significado tiene, por ejemplo, la repetición de definiciones, fórmulas y teoremas si no son utilizadas directamente en la resolución de problemas? ¿Qué sentido tiene la memorización de algoritmos y su ejercitación en un gran número de operaciones sin otro propósito que la ejercitación misma? ¿Para qué enseñar conceptos aislados que, por el momento en el que se le presentan al alumno, no van a poder relacionarse con el resto de sus conocimientos? Estas y otras preguntas semejantes, orientan la reestructuración del currículo desde un punto de vista constructivista.

La secuencia en la presentación de los contenidos implica también una transformación drástica con respecto a las presentaciones tradicionales. En estas últimas se introduce un concepto matemático, generalmente mediante su definición formal (en el mejor de los casos, recurriendo a una situación intuitiva), y el maestro, a continuación, ofrece uno o varios ejemplos en los que se usa de manera explícita el concepto en cuestión; finalmente, el alumno resuelve “problemas” o ejercicios de aplicación, análogos al presentado por el maestro, con el fin de “adiestrarse” y retener el concepto.

La secuencia constructivista es ciertamente la inversa: el maestro presenta una situación didáctica que involucra implícitamente el concepto que quiere introducir; los alumnos desarrollan estrategias para resolver la situación y usan, sin saberlo, el concepto en cuestión; finalmente, el maestro for-

maliza el concepto mediante la terminología indicada y su puesta en relación con otros conceptos conocidos por el estudiante.

Si, como dijimos, la situación problemática es la situación de aprendizaje por excelencia, el currículo debe estar estructurado alrededor de este tipo de actividades. La organización del currículo cambia radicalmente si el objetivo deja de ser “aprender conceptos” y se sustituye por el de “aprender a resolver problemas” en el sentido amplio. Y digo, “en el sentido amplio” porque no se trata de un adiestramiento para resolver problemas rutinarios en los que sólo varían los datos numéricos o los nombres de los protagonistas de una supuesta contextualización, sino “problemas” en el mismo sentido que le da un adulto a esta palabra.

Un currículo diseñado bajo esta perspectiva debe contemplar, de manera central, una serie de situaciones y contextos que acepten una estructura matemática semejante y que permitan al alumno ampliar el campo de aplicación del concepto estudiado para, de esta manera, enriquecer su experiencia cognitiva y sus posibilidades de comprender nuevas situaciones problemáticas.

EVALUACIÓN CONSTRUCTIVISTA

También los procesos de evaluación requieren una revisión, si se les enmarca en un enfoque pedagógico constructivista. La evaluación desde esta perspectiva debe ser vista como una componente más del proceso de aprendizaje, una oportunidad para que el alumno aprenda y no sólo, como tradicionalmente ha sido, un instrumento de certificación o de sanción. También es una oportunidad para que el maestro aprenda sobre sus alumnos: la evaluación permite al maestro darse cuenta de qué es lo que sus alumnos saben y entienden, cómo lo saben, cómo piensan, cuáles son sus conocimientos previos y si estos se modifican a lo largo del curso.

Desde este punto de vista, la evaluación no siempre significa una calificación. Se puede evaluar a un alumno mientras se observa cómo se desenvuelve dentro de un grupo de discusión, tan bien o mejor que mediante la tradicional prueba escrita. En el primer caso, la evaluación del alumno nos permitirá tomar decisiones que favorezcan su mejor desempeño (como cambiarlo de equipo, hacerle preguntas que le ayuden a formular mejor sus hipótesis o conjeturas, animarlo a que defienda sus puntos de vista, etcétera), en el segundo caso, podremos detectar, quizás, dificultades en ciertas habilidades operatorias o, simplemente, asignar una nota.

Si bien no se descartan los medios tradicionales para evaluar (como la prueba escrita), es necesario promover otras estrategias que, por una parte, le permitan al alumno conocer y conocerse mejor y, por la otra, eviten la

connotación punitiva de la calificación. La prueba escrita queda entonces como una forma más, entre muchas, para conocer y alentar el aprendizaje del alumno.

La evaluación es una actividad continua y cotidiana. Sin embargo, esto no debe implicar que se evalúe siempre a todos los alumnos (misión imposible para el profesor). La resolución de problemas en equipos se presta muy bien para una evaluación permanente. Se puede, por ejemplo, seleccionar un equipo y revisar cuidadosamente los cuadernos y tareas de cada uno de sus integrantes; en otra oportunidad, tocará el turno a otro equipo de estudiantes.

La evaluación no necesariamente es individual. Se puede hacer una evaluación del equipo, que favorecerá el trabajo colaborativo y la ayuda mutua para obtener una mejor calificación para todos los integrantes.

Otra manera de evaluar, que no implica un trabajo excesivo para el maestro, es mediante la elaboración de portafolios, diarios, periódicos murales, y proyectos de investigación a largo plazo en donde los resultados sean fácilmente observables y permitan que los mismos alumnos realicen la valoración, comparando sus productos con los de sus compañeros.

La evaluación, como los errores, tiene un papel central en el aprendizaje. Sin embargo, también en este caso es necesario cambiar el papel negativo tradicionalmente asignado a la calificación, por un papel positivo, propiciador del aprendizaje.

CONSTRUCTIVISMO EN LOS TEXTOS Y MATERIALES DIDÁCTICOS DE MATEMÁTICAS

Los libros de texto, la computadora, la calculadora, los materiales didácticos y manipulativos, los apoyos y medios audiovisuales son, desde el punto de vista constructivista, *mediadores* entre el objeto de estudio (i.e. los contenidos del currículo) y el estudiante. En mayor o menor medida, estos materiales se han adaptado y desarrollado en esta dirección, borrando las dudas que en todo tiempo han existido (desde la invención de la escritura) sobre el peligro de que sustituyan habilidades básicas del estudiante o de que desplacen al maestro.

Si bien estos mediadores tienen un papel importante en los procesos educativos, el papel individual de cada uno de ellos debe irse definiendo paulatinamente, principalmente a partir de los resultados de la investigación educativa; no podemos reducir la calculadora a un simple sustituto de las tablas numéricas (ya sean de sumar, de multiplicar, de funciones trigonométricas, o de logaritmos); así como no podemos utilizar la computadora como un sustituto electrónico del libro de texto; ni los recursos audiovisuales

como “maestros electrónicos” sin posibilidad de intercambio personal con sus alumnos. El potencial de estos recursos en el diseño de situaciones problemáticas y de conflictos cognitivos detonadores del aprendizaje significativo es enorme, principalmente por su gran capacidad para la representación y la visualización de relaciones y estructuras conceptuales y, entonces, para proveer al estudiante de “experiencias posibles” (en el sentido de Kant).

La función de estos intermediadores es la de poner los contenidos del currículo (es decir, la matemática establecida, formal y formalizada) en términos de una experiencia para el estudiante y, en ese sentido, en términos de una actividad cognitiva. Este papel, de ninguna manera, es despreciable; de hecho, es indispensable para la cognición y, aunque, nunca antes con el derroche de recursos técnicos que ahora tiene, siempre ha estado presente en el desarrollo del conocimiento científico (modelos, representaciones, etcétera).

CONSTRUCTIVISMO EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE MATEMÁTICAS

Una transformación en las condiciones del aprendizaje como la que hemos descrito hasta aquí tiene, como piedra angular, al maestro. Es el maestro el principal reproductor de las tradiciones en la escuela (para bien y para mal). El maestro tiende a repetir los modos de enseñanza de sus propios maestros y, así, a perpetuar las prácticas ancestrales, muchas veces inconscientes, y los modos de “hacer” las matemáticas escolares. La pregunta es entonces, ¿cómo romper el círculo vicioso?

Sin temor a exagerar, podemos decir que el éxito o el fracaso de cualquier reforma educativa, y en particular de una reforma radical como la que propone el constructivismo, está en manos de los formadores de maestros (incluidos aquí los diseñadores del currículo de las escuelas formadoras del profesorado).

El formador de maestros debe tener el más alto grado de preparación y de desarrollo profesional posible. Ninguna disciplina, ninguna profesión (salvo la de médico, quizás) tiene un nivel de responsabilidad tan alto como la profesión docente. Si a un profesor universitario, formador de profesionales en las diferentes áreas del conocimiento, se le exige el más alto grado de preparación, la actualización permanente en su disciplina, el contacto continuo con los resultados de la investigación y aun un papel activo en el desarrollo de la investigación y en la producción de conocimiento, no hay razón para que un formador de docentes no esté sujeto a las mismas exigencias.

El formador de docentes debe ser conocedor profundo de los cambios que se están poniendo en marcha. Los formadores de docentes deben ser los primeros promotores del cambio; en sus manos está que las propuestas se conozcan, se analicen, se critiquen y, finalmente, se adopten. Si el formador de docentes no conoce a fondo los cambios propuestos, si no está convencido de sus bondades, si no siente su racionalidad, y si no aplica él mismo las reformas, en el mejor de los casos, mostrará una imagen distorsionada de los cambios y, en el peor, será un antídoto contra ellos. Su papel es decisivo para echar a andar cualquier movimiento innovador.

Una vez aceptada la responsabilidad del formador de docentes, tenemos que preguntarnos ¿qué característica debe tener la formación docente para favorecer una propuesta constructivista?

La formación docente debe, sobre todo, incorporar a la rutina cotidiana del maestro la toma de conciencia de los procesos cognoscitivos que tienen lugar en el aula. Esto se logra mediante la práctica de:

- La metacognición, es decir, la toma de conciencia de la cognición propia y así, la puesta en perspectiva de la cognición de los otros.
- Los procesos compartidos de recuperación y reflexión de las experiencias. Por ejemplo, cuando el docente se obliga a llevar un diario de sus experiencias en el aula, se promueve su capacidad de observar a sus alumnos y, en esa medida, de reflexionar sobre sus respuestas, sus conductas, sus actitudes y sus intereses. Si este diario lo comparte con los compañeros docentes, la discusión y retroalimentación se convierte en uno de los principales insumos de su quehacer.
- La incorporación de situaciones de aprendizaje que permitan al futuro maestro ponerse en el papel del estudiante y reflexionar sobre el proceso de aprendizaje.

Quizás las demandas que aquí se presentan para las escuelas formadoras de docentes parezcan excesivas. Sin embargo, la exigencia por encontrar un punto de partida para el proceso de cambio nos lleva a señalarlas, no sólo como las más convenientes, sino como las únicas que pueden encabezarlo.

CONCLUSIÓN

Una opción constructivista para la educación matemática es una opción promisoriosa que tiene, como nunca antes se había tenido, una coherencia surgida de la conjunción de fundamentos teóricos —epistemológicos y psi-

cológicos— y de referentes empíricos, resultados de la investigación educativa. Sin embargo, no se puede caer en una puesta en marcha simplista que conduzca al aborto de las ideas pedagógicas más prometedoras de la actualidad. Los principios constructivistas de la educación matemática exigen un trabajo arduo, integral, que involucre a maestros, investigadores, matemáticos, formadores, diseñadores, autores, gestores,... en la tarea común de modificar nuestras concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje matemáticos y de actuar consecuentemente con éstas.

REFERENCIAS

- Dodzahansky, Th. (1961, Trad. frac. 1966). *L'homme en evolution*. París: Flammarion.
- Piaget, J. (1937-1977). *La construction du réel chez l'enfant*. Nestlé: Delachaux.
- Steffe, L. y Gale, J. (1995). *Constructivism in Education*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum

Guillermina Waldegg
Departamento de Investigaciones Educativas
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
San Borja 938
México, DF 03100
México
E-mail: gwaldega@mailier.main.conacyt.mx