

El constructivismo radical como alternativa para fundamentar prácticas con sentido en la enseñanza de las ciencias*

Resumen

El constructivismo radical es una de las consecuencias que surgen de una forma de pensar el conocimiento y el ser humano. Desde otras perspectivas, podría anotarse que es la fundamentación de una nueva epistemología en la que en el centro de la atención se encuentra la experiencia humana y el hombre actúa como una máquina estructuralmente determinada cuya estructura esta en cambio recurrente permanentemente.

Ahora bien, aunque el término constructivismo radical se debe a E. von Glasersfeld, sus fuentes están emparentadas, entre otros, con los hallazgos de Heinz von Foester y Gregory Bateson en lo que podríamos denominar cibernética de segundo nivel, los planteamientos de H. Maturana y F. Varela en el ámbito de la biología del conocimiento y la autopoiesis y las síntesis de E. Morin y H. Atlan en términos del paradigma de la complejidad.

Recientemente se han presentado alternativas para la educación y la escuela, derivadas de estas líneas de pensamiento, como los de P. Senge (Escuelas que aprenden – la quinta disciplina) y propuestas concretas para la enseñanza (mejor sería decir, para el aprendizaje) de las ciencias y las matemáticas, por ejemplo del MIT, orientadas por el mismo Glasersfeld.

En nuestro medio, en la Escuela Pedagógica Experimental, hemos desarrollado desde hace algunos años una alternativa (las Actividades Totalidad Abiertas - ATAs) para crear entornos de aprendizaje en los que se hace necesario redefinir los conceptos de enseñanza y sitúan en el centro del proceso de aprendizaje a quien aprende. Entre los conceptos que ha sido necesario definir para desarrollar la propuesta se encuentran el ambiente educativo, la diferencia entre conocimiento e información, la noción de maestro acompañante y la concepción de evaluación.

Al estudiar los fundamentos del constructivismo radical hemos hallado que éstos pueden constituirse en un telón de fondo teórico para justificar lo que hemos denominado un aprendizaje con sentido y para proponer una forma alternativa de organización escolar basada fundamentalmente en la confianza y la auto-organización. Una pregunta acerca del currículo se deriva de nuestra propuesta de poner en el centro de los horizontes de la clase el pensamiento de los estudiantes desplazando en consecuencia los resultados de la actividad científica (teorías, procedimientos, paradigmas y algoritmos) a un segundo plano de importancia.

* Publicado en (2004) , con *Fabio O. Arcos, Rosa I. Pedreros* en *Itinerantes* No. Popayán.

Palabras clave: Constructivismo radical, complejidad, ambiente educativo, Actividades Totalidad Abiertas, maestro acompañante, conocimiento e información, el pensamiento de los alumnos y currículo.

Presentación

La formación científica se ha visto desde hace mucho tiempo como una necesidad. En nuestros días esta situación se hace más urgente con el apareamiento de artefactos tecnológicos inimaginables, las quejas frecuentes sobre el impacto que tiene el desarrollo sobre el planeta y en sus recursos y, finalmente, la conveniencia de poseer elementos que permitan a la sociedad y a cada ciudadano optar frente alternativas que lo afectan individual, social y globalmente. La situación es de tal naturaleza que los ojos se vuelven hacia lo que se puede hacer desde la escuela. Sin embargo, lo que pueden hacer las instituciones escolares no está muy bien definido.

Para unos, se requiere aumentar las vocaciones por la ciencia para fortalecer la comunidad científica; para otros, se trata más bien de propiciar una formación científica que ofrezca elementos de una cultura científica que permita vivir razonablemente en la sociedad en que vivimos. Finalmente, para un número muy grande de personas, se trata de lograr estrategias que permitan que los jóvenes cuanto antes sepan utilizar los “contenidos” de las diversas disciplinas en términos de estar en capacidad de resolver los problemas y ejercicios propios de los libros de texto y los planes de estudio.

Con respecto a lo primero, anotemos que las universidades que ofrecen la formación en ciencias no tienen los cupos suficientes que requiere el número de aspirantes a ser físicos o biólogos o químicos o geólogos, etc. En otras palabras, no nos encontramos aun en la situación que viven otras sociedades en las que las vocaciones se ven disminuidas día a día hasta el punto de que, si no fuera por los extranjeros, muchas aulas estarían casi vacías.

Con respecto a lo segundo, existen dudas muy bien fundadas con respecto a lo que se logra en las clases para incorporar, como nuestros, elementos importantes de la cultura científica como la planeación y el diseño, las habilidad para ver interacciones entre los diversos elementos al estudiar una situación, ver un problema o, simplemente, vivir en la cotidianidad o asumir el compromiso a la hora de tomar decisiones, etc. Nos encontramos entonces con conductas que se emprenden a diversas escalas (familiar, comunitaria, nacional) por ver qué pasa, o decisiones no suficientemente analizadas que se toman con la idea de que en el camino se enderezan las cargas (Villaveces, J.L. 2003).

Con respecto al tercer punto de vista, lo que encontramos es que la lista de contenidos que deben enseñarse (o aprenderse) es tan grande, que aunque la enseñanza se mantenga centrada en ello, lo que se logran son aprendizajes a muy corto plazo, repetitivos, con frecuencia sin comprensión de lo que se aprende y, lamentablemente, con un saldo indeleble que se deriva de los

procesos de aprendizaje: la ciencia es un conjunto de resultados de la actividad científica que debe aprenderse, la ciencia no es posible en nuestros países, los científicos son seres extraños, las personas común y corrientes difícilmente pueden ser científicos, nosotros no tenemos problemas que ameriten un proyecto científico, etc. Es decir, afirmaciones que se opondrían a lo que se pretende cuando se busca una actitud científica.

De lo que se trata con esta exposición es de presentar una alternativa para la clase (en particular, de ciencias) que apunte prioritariamente a la constitución de una cultura científica, a la formación de una actitud positiva hacia la ciencia y a formar en los fundamentos de la ciencia: la elaboración de explicaciones, la invención de hipótesis y el trabajo en torno a actividades centradas más en el conocimiento que en la información.

PRIMERA PARTE

Planteamientos críticos a las prácticas usuales

Un modelo de enseñanza se elabora a partir de preguntas acerca de lo que son el conocimiento, el aprendizaje, el papel de quien aprende en tal proceso y cuáles son las metas de la enseñanza. Ahora bien, como normalmente las prácticas transcurren de manera espontánea sin que los maestros tomen decisiones, pensando en las preguntas anteriores, el que hacer en el aula se ha mantenido idéntico durante casi toda la historia de la escuela a pesar de la diversidad de opciones epistemológicas, de los cambios y urgencias sociales del momento y del nuevo conocimiento sobre la naturaleza humana y los procesos mentales.

Se piensa o no se piensa.- A pesar de lo que se afirmó antes, en los últimos 25 años apareció en el horizonte de la escuela un hecho fundamental al que P. Guidoni (1992) se refería con cierta sorna diciendo: “en los últimos años los educadores han descubierto que los estudiantes piensan”. Lo que surgió en la década de los ochentas fue un conjunto de evidencias acerca de la existencia de modelos de explicación espontáneos, tanto en los niños como en los adultos, acerca de lo que sucede en la cotidianidad; por ejemplo, sobre la caída de los cuerpos o acerca de lo que es la vida. A estas formas de explicación las denominamos en aquel entonces pre-conceptos, concepciones equivocadas, pre-teorías, pre-concepciones, etc. Y desde tal momento surgió en la investigación en educación una línea muy fértil que aún hoy se propone lo que genéricamente se ha denominado el cambio conceptual; esto es, la investigación acerca de cómo se da y se propicia en el aula, el paso de las formas espontáneas e ingenuas de explicación a los modelos elaborados de las ciencias. Notemos que esta transformación del aula se origina en un cambio en la concepción del estudiante y tiene que ver con lo que se hace en el aula y con los propósitos de la enseñanza.

Ahora bien, estas nuevas ideas (constructivismo) fueron muy fecundas en el ámbito de la investigación y en los entornos de discusión de los investigadores y especialistas. Sin embargo, si se observa cómo son las clases reales que “dictan” los maestros reales, nos encontramos con que tales discusiones y planteamientos no han cambiado las prácticas. Hoy en día se sigue enseñando como si los estudiantes no pensarán; en otras palabras, si a un maestro le preguntamos si los estudiantes piensan o no, seguramente nos responderá que ¡claro que los estudiantes piensan!, sin embargo, cuando observamos lo que se hace en las clases las cosas transcurren como si los estudiantes no pensarán. Veamos.

- o Independientemente de sus concepciones los estudiantes tienen que memorizar las explicaciones de los textos y del maestro.
- o Independientemente de su manera de pensar y de razonar, deben aprender de memoria los algoritmos, procedimientos y rutinas para resolver los acertijos (Kuhn, 1970) propios de la clase y de la disciplina.
- o Independientemente de sus propias preguntas deben dar cuenta de preguntas que jamás se habían planteado. Es el sacrificio del deseo y la emoción.

Verdades o acuerdos.- Por otra parte, cuando se conversa con los maestros es fácil llegar al acuerdo de que la ciencia es una actividad. Que los resultados de tal actividad son provisionales y que su aceptación o no, no depende de la coincidencia de las formulaciones con la realidad, sino de los acuerdos que se han logrado en la comunidad de observadores; en otras palabras, que es la comunidad de observadores, esto es, la comunidad científica, la que determina si una novedad puede o no considerarse científica.

Pese a todo esto, lo que es la clase, especialmente las clases de ciencias y de matemáticas, es la presentación, repetición y memorización de verdades incuestionables. Podríamos pensar que lo que prima en tal caso es una posición epistemológica diferente, que algunos califican como de realismo ingenuo. De acuerdo con esta posición las leyes de la naturaleza existen independientemente de los sujetos que las estudian y lo que se logra mediante la actividad científica es su descubrimiento; de tal suerte, que las leyes que se estudian en los textos no son otra cosa que representaciones de la realidad externa y como tales, definitivas y terminadas. Acordes con esto, la tarea de la escuela es la transmisión de tales resultados a los estudiantes.

Esta concepción no se encuentra solamente en las clases de todos los días de muchos maestros (un estudio al respecto se encuentra en Reyes, L. y otros, 1999), sino, incluso, en el paradigma constructivista de enseñanza citado antes, en cuanto se propone que aunque los procesos que se siguen para pasar de las concepciones espontáneas a los modelos de la ciencia puedan ser muy diversos y poseer muchas etapas; que a pesar de que deben superar muchas equivocaciones y obstáculos, los estudiantes en definitiva, deben llegar a las concepciones establecidas en los textos. Esto es, que las búsquedas pueden ser

todo lo idiosincrásicas que se quiera, pero que, al final, solamente existe una salida, la de la ciencia establecida.

Por otra parte, la concepción de la ciencia como actividad no se proyecta de ninguna manera al aula. Si en algún momento alguien se preocupa por ello seguramente su interés se restringe y concreta en el método científico, que es una manera de describir lo que se hace en la ciencia, en los momentos cruciales de búsqueda de explicaciones. Recordemos que el método científico trata de mostrar lo que se hace cuando a partir de las hipótesis se procede a su contrastación, **pero no nos dice absolutamente nada acerca del origen de las hipótesis**, esto es, acerca del aspecto creativo e imaginativo de la innovación en la ciencia. En estas condiciones el método científico se reduce a un procedimiento más, que debe aprenderse.

Estas prácticas nos llevan a consecuencias muy variadas, como las siguientes.

o Frente a lo que debe aprenderse (y, consecuentemente, a lo que debe enseñarse) tanto los estudiantes como el maestro son sujetos pasivos. Las preguntas ya están definidas y, con ellas, las respuestas.

El encanto de la elaboración de una hipótesis o la formulación de una metáfora o un modelo, no se puede vivir; lo que se vive es un desierto intelectual en el que no vale la pena pensar; es más, con frecuencia, si alguien piensa puede poner en peligro la adquisición de los contenidos que debe aprender.

La imagen de ciencia que se elabora lleva el sello de la información que se aprende y de la genialidad de los científicos.

Para qué la enseñanza.- Desde otro ángulo, con respecto a las metas de la enseñanza existe una gran incoherencia en las prácticas usuales: Por una parte, la enseñanza se restringe a la transmisión de resultados en términos del aprendizaje memorístico y rutinario de teorías, leyes y procedimientos y, por otra, se exalta el logro de un espíritu y de una actitud científica. Estas dos metas son claramente contradictorias si recordamos que las actitudes y disposiciones se elaboran en los procesos y los procesos involucrados en el aprendizaje memorístico no son precisamente los que conducen a las expectativas caracteriológicas expresadas cuando se espera una actitud positiva hacia la ciencia o la formación de un espíritu científico. Estas consideraciones se basan en los planteamientos de G. Bateson (1972) quien **afirma que cuando se aprende algo, son muchas cosas adicionales las que se aprenden; es decir, que los aprendizajes nunca son aislados, siempre están acompañados de otros aprendizajes; concretamente, que todo protoaprendizaje está siempre e inevitablemente acompañado de deuteroaprendizajes**. Por ejemplo, cuando se resuelve un crucigrama, no solo se consigue la resolución del crucigrama como meta, sino que se aprende también a resolver crucigramas.

En este sentido, cuando se aprende memorizando y repitiendo se está aprendiendo no solo lo que se memoriza y repite, sino que se está aprendiendo a aprender. Ahora bien, aprender a aprender memorizando y, además,

privilegiar esta forma de aprendizaje frente a otras opciones de aprendizaje como la invención, el descubrimiento, la intuición, el hacer, la conversación, etc., en los que el sujeto que aprende es activo intelectualmente, es una contribución negativa a cualquier expectativa actitudinal.

Los deuteroaprendizajes no se limitan a la vivencia de aprendizaje que comentamos, sino que tienen que ver con las relaciones de pasividad/actividad que caractericen nuestras clases, las imágenes de ciencia, escuela, maestro, y las autoimágenes que se elaboran.

A consideraciones similares podríamos arribar si tenemos en cuenta las relaciones que existen entre las actividades que se ejecutan y quienes las ejecutan. Lo que se hace, no corresponde a una inquietud propia, sino, más bien, al cumplimiento obediente de una disposición de alguien ajeno a los procesos.

Los motivos que mueven a hacer lo que se hace no son un compromiso con el conocimiento sino metas que no tienen nada que ver con lo que se aprende: se aprende para obtener algo a cambio, una nota o un “logro”, no por conocer lo que se quiere conocer. En cierta forma se puede afirmar que las dinámicas escolares son claramente conductistas en cuanto en el centro de sus motivos están las recompensas y los castigos.

En este sentido, la existencia de planes de estudio rígidos y puntuales, de currículos que predeterminan lo que debe hacerse en clase y de las “evaluaciones”, que se convierten en los fines de la educación, son elementos que contribuyen a que la anhelada meta de formar un espíritu científico se haga cada vez más difícil de lograr.

SEGUNDA PARTE

Búsqueda de alternativas, el constructivismo radical

Como ya lo hemos ido anotando en la primera parte, lo que usualmente se hace en las escuelas no corresponde a las concepciones que explícitamente enuncian los maestros acerca de lo que es el aprendizaje, la ciencia, el estudiante o las metas de la clase. Se trata más bien de prácticas que se mantienen sobre la base de una tradición escolar que está reforzada con los libros de texto, las exigencias externas que hacen a la educación los organismos nacionales e internacionales y, especialmente, lo que se hace cotidianamente en la escuela, que se convierte en el sitio por excelencia de la formación de maestros. Hay estudios que muestran que la escuela en su dinámica de formación es más determinante que lo que se aprende en Normales y Facultades de Educación (Rockwell y Mercado, 1993), que los resultados de la investigación en educación e, incluso, que la experiencia cotidiana que lleva a muchos maestros a dudar de sus prácticas, no porque no logren que los alumnos aprendan lo que se les quiere enseñar, sino porque se

es consciente de que eso que aprenden es inútil y que las otras cosas, las que se aprenden en los procesos, solo contribuyen a formar ciudadanos obedientes y convencidos de la conveniencia de formas de organización social autoritaria. Al fin de cuentas la escuela es autoritaria y violenta, más de doce años viviendo tal ambiente educativo influye más en la formación del self, que cualquier discurso sobre la convivencia y la ciudadanía.

Paralelamente con esta situación, en los últimos años se ha venido consolidando una concepción de lo que es el ser humano y, con ello, de lo que son sus interacciones con el entorno y, en particular, de lo que es el conocimiento, que conduce a lo que E. von Glasersfeld, ha denominado constructivismo radical (1996).

La determinación estructural.- Nos parece que el primer elemento de esta manera de pensar se deriva de concebir a los seres vivos (en particular, a los seres humanos) como estructuralmente determinados. Esto conduce a que las interacciones con el entorno dan como consecuencia respuestas (percepciones, conductas, etc.) que no corresponden a las características del entorno, sino a lo que se desencadena en la interacción y que está determinado fundamentalmente por la estructura del organismo (cuando, por ejemplo, tu pateas un perro lo que sucede no es lo mismo que cuando pateas una piedra o un balón, en el caso del perro se desencadenan respuestas y conductas, (gruñidos, tarascadas, signos de agresión, etc., que no tienen que ver con el puntapié, sino con el perro). En este contexto, el sonido, el color o la temperatura no existen externamente, sino que son producto de la determinación estructural del organismo. Así pues, el mundo en que vivimos es una construcción del sujeto. No sabemos nada acerca de nuestro entorno, lo que sabemos está relacionado con lo que nuestro organismo construye en la interacción, esto es, con la experiencia humana (o, como lo dice H. Maturana (1998) , con el dominio experiencial). Es tal vez por ello que R. Llinás afirma que vivimos en un mundo oscuro y silencioso en el que nuestro cerebro ha inventado la luz y el sonido. Estas construcciones idiosincrásicas de realidad nos conducirían a una concepción solipsista si no fuera por el lenguaje. Realmente el mundo que conocemos como mundo se construye en el lenguaje. Por otra parte, los diversos encuentros con el entorno hacen que la estructura de los seres vivos se esté modificando permanentemente de manera recursiva, de tal suerte que en la medida en que se den aprendizajes y, con ello, conocimientos, vemos más cosas, vemos mundos diversos ya que, en general, solo percibimos lo que conocemos. Si al finalizar esta exposición alguien me pregunta, por ejemplo, si entre el auditorio se encontraba Carmen Lugo y yo no conozco a Carmen Lugo, lo que yo respondo es *no se, yo no la conozco, si vino y la conociera, posiblemente la habría visto*. Como veremos luego, esta observación es muy importante para la clase ya que de acuerdo con esto, lo que vemos está más determinado por el conocimiento que por los ojos.

Estas concepciones de realidad, de ser vivo y de conocimiento, conducen a conclusiones que modifican nuestra forma de hablar. En particular, nos llevan a rechazar la idea de objetividad, que de ser un punto de partida se convierte en una consecuencia del lenguaje: la objetividad se construye.

El paradigma constructivista radical.- Aunque muchas personas e instituciones están trabajando en torno a las concepciones anteriores, quien se reconoce como líder es Ernst von Glasersfeld. En un artículo sobre la enseñanza von Glasersfeld (2000) recoge sus planteamientos en términos de unas sugerencias que hace a los maestros. Son éstas, en un resumen elaborado por nosotros.

1. La enseñanza no comienza con la presentación de verdades sagradas, sino con la creación de situaciones que “gatillen” el pensamiento propio de los estudiantes.
2. No es suficiente que los maestros estén familiarizados con la asignatura, se debe poseer un repertorio amplio de situaciones didácticas en las que estén involucrados los conceptos que deben construirse. Y estas situaciones deben ser capaces de evocar el interés espontáneo de los estudiantes.
3. Siempre que los estudiantes muestren su trabajo es una falla que el maestro diga que es un error, independientemente de cómo se justifique tal juicio. Los estudiantes casi nunca producen soluciones al azar. Ellos las han trabajado y si los resultados que ellos consideran correctos, en su momento, no coinciden con lo que el maestro espera, no se deben desconocer sus esfuerzos.
4. Muchas palabras que suele asociar el maestro con significados especializados en una disciplina particular, evocan en el estudiante principiante otras asociaciones.
5. Si aceptamos que la formación de conceptos requiere reflexión, los maestros tienen a disposición algunos medios para provocarla. Con seguridad el camino más fácil es propiciar que los estudiantes conversen respecto a lo que están pensando.

Estas sugerencias acompañan en el artículo citado la exposición de situaciones de aula que muestran lo que sería una didáctica constructivista.

Otros trabajos.- Otras opciones inspiradas en aspectos de la epistemología contemporánea proponen, como nosotros lo hemos planteado desde hace varios años, que las clases se deben articular con proyectos frente a los cuales exista un compromiso de parte de los estudiantes y cuyo desenlace sea incluso desconocido por el maestro. Se trata de lo que hemos denominado problemas genuinos. Entre los pertinentes, anotemos los siguientes.

Jonassen (1994) Identifica como características de los ambientes de aprendizaje constructivistas:

1. Crear ambientes de mundo real que emplean el contexto como elementos relevantes en el aprendizaje;
2. Centrarse en aproximaciones reales para resolver problemas del mundo real.
3. El instructor es un acompañante quien analiza las estrategias que se utilizan para resolver problemas.

4. Se enfatiza en la inter-relacionabilidad conceptual, incentivando representaciones o perspectivas múltiples de los contenidos.
5. Las metas y objetivos instruccionales deben ser negociados, no impuestos.
6. La evaluación sirve como una herramienta de auto análisis.
7. Se proporcionan herramientas y ambientes que ayudan a quienes aprenden a interpretar las perspectivas múltiples del mundo.
8. El aprendizaje deberá ser controlado internamente y mediatizado por quien aprende.

Honebein (1996) describe siete metas para diseñar ambientes constructivistas de aprendizaje:

1. Proveer de experiencias en procesos de construcción de conocimiento.
2. Proporcionar experiencias y apreciación desde múltiples perspectivas.
3. Incorporar el aprendizaje en contextos realistas y relevantes.
4. Propugnar por la apropiación y participación en el proceso de aprendizaje.
5. Incorporar el aprendizaje en experiencias sociales.
6. Propiciar múltiples modos de representación.
7. Propugnar por la auto conciencia de la construcción del conocimiento.

Como puede verse, existen elementos que se están tornando fundamentales en el aula de clase. Entre ellos sobresale el trabajo por proyectos en cuanto son significativos para los estudiantes (pertenecen al entorno cotidiano), no existe una única perspectiva de trabajo o forma de representación y el maestro más que un expositor es un acompañante en los procesos.

TERCERA PARTE

Una experiencia

En los planteamientos de v. Glasersfeld existen algunos puntos que no compartimos por la imposibilidad para concretarlos como una práctica de aula. Por ejemplo, es muy difícil que el maestro pueda seguir y “gatillar” permanentemente el pensamiento de los alumnos cuando se trata de aulas reales, con un número muy grande de estudiantes.

En segundo lugar, la referencia que plantea como objeto de la clase al hablar de los conceptos que deben construirse (ver numeral 2), nos parece que no es lo suficientemente clara. Desde nuestro punto de vista, la construcción científica no puede proponerse la elaboración de conceptos aislados sino de “redes conceptuales”, esto es, de explicaciones complejas que tienen que ver con la totalidad de la situación que se propone. En estos términos se trataría más de modelos o teorías en evolución, que de la construcción de conceptos.

En lo que sigue expondremos lo que son las Actividades Totalidad Abiertas (ATAs), como una alternativa de aula, que sin haberse inspirado en los planteamientos del constructivismo radical, puede hoy sustentarse a partir de sus fundamentos (Segura, 1991). (Esta alternativa ha sido estudiada en varios proyectos de investigación financiados por Colciencias y el Instituto de Desarrollo Pedagógico e Investigación Educativa, IDEP). Al final señalaremos algunos datos que podrían verse como logros.

Las Actividades Totalidad Abiertas.- Las razones de su denominación se verán en la exposición de su dinámica, para ello partiremos de un ejemplo.

El maestro pregunta a los niños si les gustaría construir una cámara fotográfica. Se trata de un curso de grado sexto (10 u 11 años de edad). A la propuesta, la totalidad de ellos contesta afirmativamente. Entonces el maestro explica que no se trata de una sofisticada cámara digital, ni de una cámara de lentes intercambiables, pero sí de una cámara que puede tomar fotografías.

A continuación trae el maestro unos materiales (cartulina negra, pegante, papel mantequilla – encerado) y procede a indicar a los niños el proceso de construcción. La construcción toma toda la sesión de clase (dos horas), de manera que se deben guardar los cilindros hasta la próxima clase.

En la clase siguiente: Ya tenemos la cámara, ahora todos, incluso el maestro, salen al patio a observar a través de la cámara (como lo indica el maestro). Y se observa y se manipulan los cilindros. Y surgen preguntas. Son preguntas de los niños:

¿Por qué las cosas se ven al revés?: *Se ve todo voltiao.*

¿ Por qué si el cilindro interior está muy metido se ven las cosas lejanas y si está más o menos afuera, se ven las cosas cercanas?

¿Cómo influye el tamaño del agujero?

Bueno –anota el maestro– antes de seguir con la construcción de la cámara, debemos aclararnos ciertas cosas. Y, al decirlo, retoma las inquietudes y preguntas de los niños. Y los niños –en una dinámica que ya se ha establecido hace tiempo- se reúnen en grupos y tratan de resolver los interrogantes. Esta dinámica no es la misma en todos los grupos. Algunos en vez de hacer gráficos y figuras vuelven al patio a observar nuevamente. Entonces aparecen otras preguntas. Por ejemplo, algunos comunican a los otros que “esto es muy raro porque se invierten el izquierdo-derecho y el arriba - abajo. O sea, que no es como los espejos en donde se invierte sólo el lado, pero no el arriba abajo”.

Esta actividad nos tomó algo más de un mes, con unas cinco horas a la semana. En la discusión los niños se aclararon entre sí muchos de los interrogantes.

Describir la actividad en su totalidad no solo es muy dispendioso, sino realmente imposible. La razón es que el maestro nunca sabe cuál fue el derrotero de las discusiones ni cómo se llegó a los acuerdos cuando se buscaron explicaciones a las preguntas que surgían.

Veamos más de cerca la estructura de la actividad.

Se parte de una propuesta del maestro. Como se relató, no se trata de cualquier propuesta, se trata de algo que, por el conocimiento que el maestro posee de los niños, sabe que les interesará. En otras ocasiones el maestro capitaliza las inquietudes y preguntas de los niños, pero ese no es el caso general. Como sabemos, construir una cámara fotográfica como actividad no es algo que sorprenda a los niños epistemológicamente, esto es por la sorpresa que surge del error.

En el desarrollo de la actividad, que tiene un propósito muy bien definido que se mantiene como meta, aparecen preguntas que son fundamentales para comprender el funcionamiento del artefacto que se fabrica, como las siguientes:

¿Por qué se ve invertida la imagen?

Por qué en los espejos hay una inversión y en la cámara fotográfica, dos?

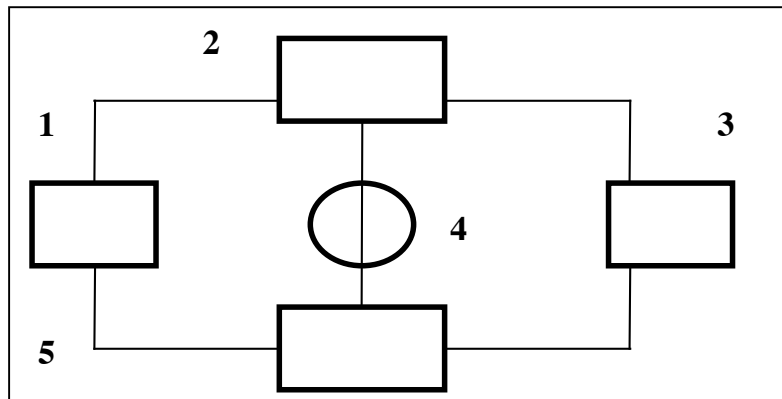
Cómo deberíamos poner la cámara para ver derecha la imagen?

¿Por qué mientras más pequeño el agujero, vemos más paisaje, y más nítido?

En este punto se pone en juego la perspicacia del maestro para capturar los interrogantes y proponerlos como temas de discusión y búsqueda para el grupo como colectivo. El hecho es que los estudiantes se organizan en pequeños grupos para tratar de inventar explicaciones a lo que sucede. Una vez los pequeños grupos han llegado a acuerdos, éstos se exponen al colectivo en general. En estos procesos hay propuestas, argumentaciones y contra-argumentaciones. Es en estas discusiones que se construye la disciplina (la física o la química, por ejemplo), como lenguaje con sus elementos semánticos, sintácticos y pragmáticos.

Aunque en el caso de los interrogantes que se plantearon, la meta puede considerarse que es la elaboración de los modelos de propagación de la luz y de qué significa ver, en realidad lo que se construye en el proceso es mucho más:

Se aprende a argumentar y a refutar.



Estructura de la clase: (1) planteamiento de un problema, (2) dinámica en pequeños

Se accede al significado de los montajes experimentales y a lo que es la prueba empírica.

Se construyen paulatinamente seguridades, conciencia del protagonismo y confianza en la propia racionalidad. Se trata de la emergencia de orgullosos.

Desde el punto de vista de la convivencia podría pensarse en las ocasiones de elaboración del respeto y la disciplina para el trabajo en grupo.

5. Como anotamos antes, del desarrollo de las discusiones casi no tiene noticia el maestro, cada grupo posee autonomía. El papel de maestro en mucho es el de estar paseando por los diferentes grupos con la intención de aclarar situaciones sin solucionar el problema y problematizar, esto es, de acompañar las búsquedas.

6. La actividad, aunque se detuvo por un tiempo tratando de elaborar las explicaciones a que nos referimos antes, continuó hasta efectivamente construir la cámara fotográfica, tomar fotografías y revelar los positivos. Estas fueron otras oportunidades de reflexión. Hubo también bifurcaciones en la actividad, por ejemplo algunos decidieron no utilizar la cámara sino elaborar fotogramas en el laboratorio. Otros decidieron continuar las exploraciones colocando lentes a la cámara.

Con este ejemplo de ATA podemos justificar su denominación. Se trata de actividades que son una totalidad en cuanto poseen metas muy bien definidas que tienen sentido para quienes la ejecutan. Sin embargo, son abiertas en cuanto permiten que parezcan en su desarrollo interrogantes no pensados. En el caso de la cámara, el que se hiciera una comparación con la imagen que se forma en un espejo, no estaba previsto y condujo a estudiar algunos aspectos de la reflexión. Se estudiaron estos tópicos y se regresó a la cámara.

El carácter de totalidad garantiza que lo que se hace posee sentido para quienes lo realizan y la apertura garantiza que las actividades estén orgánicamente articuladas con los intereses ya que los caminos que se siguen

en las bifurcaciones resultan de las dinámicas de las actividades (sorpresas, preguntas, inquietudes, etc.) y de los intereses de los estudiantes.

Para comprender los contextos y proyecciones de las ATAs es conveniente tematizar varios aspectos que las caracterizan y las hacen posibles, estos son: el ambiente educativo y los grupos heterogéneos, la distinción entre información y conocimiento, las exigencias al maestro acompañante, y las metas de la formalización.

El ambiente educativo.- La actividad que acabamos de describir, seguramente no puede desarrollarse por un maestro en cualquier grupo de sexto grado. Para que en su desarrollo se den las formas de organización del aula y de auto organización de los grupos, se requiere de una historia de interacciones que lo haga posible. Entre los determinantes llamamos la atención en la conveniencia de que en las instituciones impere un ambiente de confianza que se proyecte en diversos dominios.

En primer lugar, los estudiantes deben saber que se puede opinar sin restricciones bajo el imperativo de la sinceridad. Este presupuesto tiene que ver con la posibilidad de equivocarse sin que ello se constituya en una falta y es crucial puesto que de ello depende la dinámica de la actividad. Si no hay errores la actividad no es posible ya que, o bien, los niños están simplemente siguiendo instrucciones, o el ambiente no es de participación. Y los errores son a la vez, evidencias de aprendizaje que gratifican el trabajo y ocasiones de discusión que dan lugar a argumentaciones y a la invención de montajes experimentales.

En segundo término, el maestro debe tener la confianza en sus estudiantes, hasta tal punto que estos pueden organizarse autónomamente para discutir en pequeños grupos sobre los problemas que surgen en el desarrollo de la clase, aun en ausencia del maestro.

Finalmente, es conveniente que las preguntas que están en el origen de las ATAs sean realmente interesantes para maestros y estudiantes. En este punto debemos mencionar que con frecuencia los problemas que se abocan son de tal naturaleza que los maestros no saben la respuesta y consiguientemente se incorporan al colectivo como otro miembro de éste, claro con las ventajas comparativas que dan su formación y experiencia, de tal suerte que suelen constituirse en líderes en las búsquedas. Tal es lo que sucede frente a preguntas como ¿qué tanto oxígeno produce este tuno?, o ¿Cómo podemos construir un vivario para mantener y estudiar las lagartijas en cautiverio?

En cuanto a los grupos de trabajo que se constituyen tanto para las actividades totales como para las discusiones en pequeños grupos, hemos encontrado que debe siempre buscarse que se aumente el número de posibilidades (Foester, H. 1996). Cuando en un mismo grupo participan niños con diversas edades, experiencias e intereses, que pertenecen a cursos diferentes, las discusiones se hacen más ricas y productivas. Como ya lo hemos desarrollado en otra parte (Segura, 2004), al trabajarse en grupos heterogéneos se crean mejores condiciones para las búsquedas académicas y para crear entornos de convivencia.

La exigencia que hacemos al ambiente educativo se expresa, por una parte, en que en cualquier momento un miembro del colectivo que investiga o resuelve un problema debe estar en capacidad de explicar por qué hace lo que hace, en términos del proyecto que realiza; en otras palabras, nos exigimos que las actividades que se adelantan tengan sentido para quien las realiza. Y, por otra, en el comportamiento como una comunidad que trabaja en colectivo, que discute, propone y acepta otros puntos de vista y que sabe que está aprendiendo.

Información y conocimiento.- Para nosotros saber datos como las capitales de los países o la tabla periódica, o leyes como las de Newton o de Mendel, o principios como el de Arquímedes o procedimientos como el diagrama de cuerpo libre, o algoritmos como las técnicas de integración o los métodos para resolver ecuaciones, no tiene que ver con el conocimiento sino con la información. El conocimiento tiene que ver con ¿cómo orientamos la acción cuando queremos hacer algo? (Maturana, H. y Varela F. Op. cit., Segura, D. 2002).

Cuando frente a un problema como ¿Cómo alimentar una lagartija? Tenemos que buscar la información, acudir a la experiencia, organizar observaciones cuidadosas, utilizar creativamente los recursos de que se dispone y decidir lo que haremos, estamos efectivamente, en el ámbito del conocimiento.

Con respecto a la información, la escuela debe ser el lugar en donde se aprende a buscar y acceder a la información disponible para hacerla significativa en la perspectiva del problema o proyecto que se está desarrollando, no necesariamente para meterla en la cabeza. Así, en los procesos de conocimiento, se pasa de la información, que es general, a la información contextualizada, que es particular; y de la información que es neutral a la actividad comprometida, que está implícita en la solución de un problema.

Cuando orientamos nuestra acción con un propósito no solo es determinante la información que se encuentra en los textos, manuales o especialistas. Para que realmente se constituya en tal orientación es necesario que la información se ponga en diálogo con las posibilidades del contexto (recursividad, adecuación, etc.), con las historias individuales del equipo de investigación (experiencia, imaginación, creatividad, pensamiento, razonamiento, etc.) y con las interacciones entre los miembros del equipo (conversación, discusión, reflexión, etc.). Así pues, el conocimiento es mucho más que la información utilizada. Los resultados de estas vivencias de conocimiento se logran en un proceso recurrente que enriquece el ámbito de la información y el ámbito del self, de los sujetos involucrados.

Las metas de la formalización.- Uno de los problemas usuales de la clase, que desembocan en frustraciones, es que los niveles de formalización que se desean en cada grado escolar, están determinados de antemano. Esta práctica, que tiene su sustento en concepciones homogeneizantes inspiradas en lecturas equivocadas de investigadores como J. Piaget, conduce a tensiones que pueden convertirse en angustias o en prácticas de competencia entre los estudiantes. Cuando los estudiantes están comprometidos con lo que realizan y están

entusiasmados con sus proyectos dan lo mejor de sí, de tal suerte que avanzan mucho en las interacciones con sus compañeros pero, lo que cada quien aprende en los procesos es un misterio; seguramente los niveles de elaboración son tan distintos que no existe ninguno que sea igual a otro. Una misma actividad producirá niveles de elaboración diferentes para cada quien y en cada momento en que se presente, dependiendo del contexto.

Una jeringa, por ejemplo, para los niños más pequeños no es otra cosa que un artefacto para echarle agua a los compañeros (y esa es una experiencia significativa). Para niños mayores puede ser un objeto de estudio al preguntarse por qué se regresa el émbolo cuando se oprime manteniendo el extremo tapado (y esa es una experiencia significativa). Para otros, puede ser el primer paso en la construcción de un circuito neumático como los dispositivos de transmisión de movimiento (y esa es una experiencia significativa). Y, así para otros podría ser útil para comprender el teorema del trabajo y la energía al comparar desplazamientos y fuerzas (y esa es una experiencia significativa). Saber en qué momento unos ven lo que otros no ven, en otras palabras, identificar en qué momento cambian la manera de mirar para descubrir relaciones nuevas, es algo que está fuera del alcance de la clase real y del maestro.

Así pues los niveles de formalización los va determinando la manera como los niños se relacionan con las experiencias. Si en un momento no consiguen lo que maestro había previsto, no es cosa de calificarlos mal o de preocuparse. Ya habrá tiempo para ello.

Ahora bien, con respecto a esto, qué es lo que a nuestro juicio debe prever el maestro. No se trata de que los niños “re-inventen” el principio de Pascal o construyan la prensa hidráulica, se trata más bien de enriquecer la experiencia para que se vean cada vez más variables, para que se establezcan más correlaciones, para que inventen más relaciones y armen más dispositivos. Ya veremos cómo el maestro acompaña estas búsquedas y propone la actividad reflexiva para enriquecerla tanto en la práctica como conceptualmente.

El maestro acompañante.- Como ya lo hemos anotado antes, los aprendizajes nunca son aislados ya que siempre que se aprende algo, se aprenden muchas otras cosas. Así pues, una de las responsabilidades de toda la institución, pero en especial del maestro, es contribuir en la constitución de un ambiente educativo que promueva ciertos aprendizajes que no necesariamente pertenecen a las metas disciplinarias pero que tienen que ver con la formación de aspectos caracteriológicos como el espíritu y la actitud científica. Y esto debe buscarse a través de todas las clases, incluso de ciencias.

En las clases que proponemos lo fundamental es el aprendizaje y el papel del maestro es el de inventar situaciones y encuentros que propugnen por ello en cuanto pueden surgir, del conocimiento que posea de sus estudiantes, propuestas de trabajo (preguntas, proyectos, situaciones, etc.) que inquietan a sus estudiantes y que en su desarrollo generan ocasiones de reflexión en torno a la necesidad de explicar aquellos des-encuentros entre lo que se esperaba y lo que sucede.

En la estructura de la clase que proponemos el personaje realmente crucial es el maestro. El hecho es que él es también el protagonista de la animación y organización de las dinámicas de los grupos de trabajo. Es en este contexto, como ya lo anotábamos antes, que se da la formación disciplinaria. Son los procesos de validación de las propuestas y candidatos a explicación de las anomalías que se presentan, los que en las dinámicas de argumentación y contra-argumentación, elaboración de montajes experimentales, organización y sistematización del trabajo, posibilitan la elaboración conceptual, la invención de relaciones, la identificación de correlaciones y la construcción de modelos o patrones. Es en este proceso en el que el comentario incitante, la pregunta abierta que da posibilidades, el planteamiento de situaciones llevando las variables a los extremos (pruebas por el absurdo, por ejemplo), son aspectos determinantes y ellos dependen del maestro.

Entre los elementos distintivos de esta dinámica se encuentra el error. El error es epistemológicamente desencadenante de búsquedas y aprendizajes si es “descubierto” por quien lo comete. El error juzgado por un tercero nos regresa al autoritarismo del maestro. Tenemos entonces que una de las grandes preguntas que tenemos que abordar y sistematizar se relaciona con las estrategias que se siguen para facilitar la visibilización del error. Ya sabemos que cuando se expone lo que se piensa se cae en la cuenta de la debilidad de las argumentaciones. Ya sabemos que el pensamiento, por el absurdo es también una buena herramienta. También hemos visto la importancia de las conversaciones y discusiones entre pares para caer en la cuenta de los errores. Sin embargo, el camino que está por recorrerse es aun muy largo.

Algunos logros.- La experiencia cotidiana en la Escuela Pedagógica Experimental y los trabajos de investigación que se han adelantado nos muestran que la alternativa ATAs es posible en situaciones típicas, no solo en las clases de ciencias, sino en las demás disciplinas, y más, cuando las actividades se organizan en forma de proyectos no disciplinarios. En el momento contamos con muchas actividades sistematizadas que se han utilizado en diversos grados escolares con éxito.

Otro elemento que debemos anotar es que cuando se utiliza una ATA nuevamente, debido a su carácter de apertura, nunca sigue en su desarrollo el mismo derrotero. Podríamos decir que son situaciones irrepetibles.

Cuando el modelo se aplica a la clase de matemáticas, no solo la clase se convierte en una aventura, sino que se hacen visibles formas de pensamiento matemático no imaginadas como el pensamiento aditivo, multiplicativo, correlacional, proporcional (de los cuales ya dio cuenta Piaget (1958)) y pensamientos iterativos (espaciales y simbólicos), recurrencias que se proyectan a diferentes problemas que se matematizan como casos particulares de familias de problemas (Malagón, J y otros, 2003), casos sorprendentes de intuición y aproximaciones a la inducción.

La experiencia con egresados, que han vivido el proceso por varios años, nos muestra que cuando se han logrado seguridades y confianza en sí mismos, se

pueden aprender fácilmente contenidos o temas no tratados durante la escolaridad. Se aprende para la vida.

Finalmente, el desarrollo de la clase dentro de estos parámetros nos muestra una gran independencia frente a los equipos estandarizados de laboratorio, tal vez, porque lo que se estudia no es el mundo de la disciplina, sino el mundo del estudiante. En estas condiciones lo que se hace importante en la escuela es una buena dotación de aparatos de medida y un taller para la construcción de montajes, maquetas y prototipos.

Bibliografía

Bateson, G. (1972). *Pasos hacia una ecología de la mente* Buenos Aires: Lumen.

Foester, H. von (1996) Principios de autoorganización en un contexto socioadministrativo. En *Semillas de cibernética*. Barcelona; Gedisa.

Glaserfeld, E. Von (1996) Aspectos del constructivismo radical. En *Construcciones de la experiencia humana*. Pakman, M. Eds. Barcelona:Gedisa.

Glaserfeld, E. v. (2000). Constructivism and teaching. Web <http://www.umass.edu/srri/vonglaserfeld/onlinepapers/html/geneva/>

Guidoni, P. (1992) Natural thinking. En *European Journal of Science Teaching*. (Sin datos).

Honebein (1996) Web <http://.stemnet.nf.ca/^aelmurphy/elmurphy/cle3.html>

Jonassen (1994) Web <http://.stemnet.nf.ca/^aelmurphy/elmurphy/cle3.html>

Kuhn, T. S. (1970) *The structure of scientific revolutions*. Chicago Press.

Malagón, J. Y otros (2004) Informe final Proyecto de investigación sobre modelos matemáticos. Bogotá: IDEP.

Maturana, H. y Varela, F. (1998) *El árbol del concimiento*. Santiago de Chile:Universitaria.

Reyes, L., Salcedo, L.E., Perafán, G. A. (1999). *Acciones y creencias, tesoro oculto del educador*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Rockwell,, L. Mercado, R. (1993) La práctica docente y la formación de maestros en *Planteamientos en educación Vol 2 No 1.(23, 42)*. Bogotá: Escuela Pedagógica Experimental.

Segura, D. (2004). El trabajo con grupos heterogéneos. En *Nodos y nudos, V 2 N 16* (14, 22), Bogotá: Red Cee, Universidad Pedagógica Nacional.

Segura, D. (2002) Información y conocimiento, una diferencia enriquecedora. En *Museolúdica*. Bogotá: Museo de la Ciencia y el Juego No 9 (22,34), U. Nacional.

Segura, D. (1991) Las ATAs, una alternativa didáctica. En *Planteamientos en Educación Vol 1, No 1 (6, 24)* Bogotá: Escuela Pedagógica Experimental.

Villaveces J. L. (2002) Cultura científica, factor de supervivencia nacional. En *Innovación y ciencia*. Bogotá:ACAC

Una mayor información sobre los proyectos de investigación se encuentra en la página Colciencias de Grupos de investigación. Ver el grupo *El aprendizaje y la enseñanza*. De la EPE.

