

# Modulación y fragmentación en la construcción de los conceptos: Algunos ejemplos en la enseñanza de las ciencias(\*)

Dr. D. Michael Watts.  
*Secondary Science Curriculum Review*  
Dr. Maureen L. Pope  
*Department of Educational Studies*  
*University of Surrey*



## RESUMEN

Los autores reivindican el valor de la teoría de los constructos personales de Kelly y, partiendo, concretamente, de los denominados "Corolarios de Modulación y de Fragmentación" de los constructos, analizan algunos ejemplos en el aprendizaje de conceptos de ciencias, para llegar, por fin, a determinadas implicaciones en la concepción del cambio conceptual.

## Introducción

Uno de los temas recurrentes en la teorización educativa actual es la importancia que se otorga a la persona como constructora de significados. La tendencia al uso nos lleva a un análisis más abierto de la Psicología Constructivista. El documento de consulta de la A.S.E. (Asociación para la Educación Científica) "Alternativas para la Educación Científica" (A.S.E., 1979) hacía hincapié en el predominio del enfoque inductivo y reglado de la enseñanza de las ciencias, sugiriendo que debían ser consideradas concepciones alternativas del diseño curricular. La teoría de G. Kelly se

sugería como uno de los modelos que podrían ser tenidos en cuenta.

Hoy en día nos encontramos con una "facultad invisible" de investigadores en enseñanza de las ciencias que critican el uso restrictivo de los modelos de Piaget y que quisieran dar la importancia debida al papel que juega la experiencia personal del alumno en la construcción de su conocimiento de los conceptos científicos, así como documentar las "tramas alternativas" (Driver y Easley, 1978) que estos alumnos construyen, diseñando estrategias didácticas que reflejen una postura constructivista (véase Osborne y Witrock, 1985; Driver et al., 1985; Driver, 1988; Watts, 1991, como

(\*) Documento presentado en el 5º Congreso Internacional sobre la Psicología de los Constructos personales. Cambridge, Agosto de 1985.  
Traducción de Angel M. Martínez Geldhoff. Febrero 1992.



ejemplos). Esta "facultad invisible" es, sin duda, solidaria con la teoría de Kelly, así como con su perspectiva teórica principal -algunos, como Osborne y Wittrock, nos dibujan más detenidamente modelos contemporáneos de procesamiento de la información-. Lo que los une es su epistemología constructivista. "El alternativismo constructivista" de Kelly casa a la perfección con los compromisos metafísicos de estos investigadores.

Su metáfora del hombre científico fue bien recibida, pues ayuda al educador en ciencias a construir ciertas similitudes entre las actividades realizadas al aprender ciencias y aquéllas que ejecuta el científico profesional.

*... ¿No puede cada individuo, cada cual de su propia y personal forma, asumir algo de la estatura de un científico, que siempre intenta predecir y controlar el curso de los hechos en los que se encuentra involucrado? ¿No posee sus teorías, comprueba sus hipótesis y sopesa sus evidencias experimentales? Y, por tanto, ¿no se corresponden las diferencias entre los puntos de vista personales de distintos individuos con las diferencias entre los puntos de vista teóricos de los distintos científicos?*

(Kelly, 1955)

Por tanto, el hombre-científico y el científico como persona se encuentran, ambos, implicados en un proceso de cuestionamiento, exploración, revisión y, *en su caso*, reemplazamiento; a la luz de los resultados de la predicción. Decimos *en su caso* pues, como el mismo Kelly hacía notar en su concepto de "hostilidad", puede existir una tendencia a construir una muralla defensiva alrededor de los propios programas de investigación (Lakatos, 1970). El núcleo de la filosofía de Kelly y su metáfora han sido de utilidad para ciertos ense-

ñantes de ciencias; sin embargo, sus corolarios han recibido poca atención.

Según nuestra opinión una de las grandezas de las teorías de Kelly, fue el hacernos ver que las teorías, o los modelos, que las personas construyen están condicionadas por el punto de vista de la persona que las construye. En cualquier momento de su historia el teórico propone un modelo provisional, que espera le ofrezca una mejor predicción de los hechos que las estructuras precedentes. Según Kelly deberíamos adoptar esta "aceptación provisional" también con respecto a la misma Teoría Constructivista. Nos invita a desarrollar, modificar o descartar elementos de la teoría, conforme nuestras predicciones se vayan o no cumpliendo. Los educadores, hasta cierto punto, han seguido esta idea, pero no se han aventurado mucho más allá en la confirmación de la utilidad del núcleo de la filosofía. En esto no son únicos

Nos gustaría poder demostrar que los corolarios de Kelly se merecen mayor atención, y que pueden ofrecer una forma alternativa de concebir el desarrollo conceptual, diferente a las de Piaget, Bruner o Ausubel, cuyas ideas ideas han tenido una gran acogida entre los enseñantes de ciencias. Para ello presentamos nuestros estudios acerca de los corolarios de modulación y fragmentación.

### Modulación y fragmentación

Kelly parte de la premisa general de que las personas construyen sistemas de constructos a partir de los cuales visualizan la realidad. Los sistemas de constructos también forman parte de la realidad, y cambian, tanto como resultado de su contrastación con la experiencia como por su utilidad en la predicción de hechos futuros. La naturaleza de sus relaciones es tal que las incompatibilidades e inconsecuen-

cias entre los constructos se minimizan, mientras se intenta retener el máximo potencial posible en la elaboración del sistema. Así pues, cada una de las zonas (y hay un gran número de ellas) representan dominios consecuentes de significado que son utilizados para explicar y explorar ciertos hechos o experiencias. Nos decía Kelly que las formas en las que pueden evolucionar los sistemas de una persona no son ni aleatorias ni fijas, sino que son, también ellas, parte de un sistema reglado de sistemas de cambio. Cada sistema (o dominio de significado) es parte de un sistema global personal, que no sólo reúne a los subsistemas, dentro de constructos de nivel globalizador superior, sino que también regula los procesos de cambio dentro de los dominios. Los constructos no existen aislados, sino agrupados, con posiciones jerarquizadas dentro del sistema. Esta es una implicación del Corolario de Organización de Kelly, que dice que "cada persona hace evolucionar de forma característica, y según su conveniencia en la anticipación de hechos, un sistema de construcción que incluye relaciones de orden entre los constructos". El movimiento, como aspecto inevitable del funcionamiento humano es fundamental en el punto de vista de Kelly, y su uso del término "evolucionar" en su corolario de organización sirve para acentuar su idea de que esta organización no es una entidad estática, sino que los constructos están, al menos potencialmente, en un continuo estado de movimiento y, por tanto, abiertos al cambio. Pero el que los constructos personales cambien o no depende de la permeabilidad de éstos, del éxito o no de sus predicciones; la extensión de los cambios dependerá de la naturaleza de las interrelaciones entre los constructos dentro del repertorio personal. Por lo tanto, los corolarios de modulación y fragmentación están íntimamente ligados al corolario de organización.

El Corolario de Modulación nos dice:

*El cambio en el sistema de construcción personal está limitado por la permeabilidad de los constructos dentro de cuyo rango de pertinencia se encuentren las variables.*

El sistema de construcción personal al que se refiere el corolario es el sistema personal al completo. Los "cambios" suceden a nivel de las subdivisiones de dominios de significado, que son más o menos modificables. Kelly da un sentido peculiar al término "permeabilidad", con el que denota un cierto grado de apertura al cambio, el potencial de contener nuevos aspectos. Nos dice:

*Un constructo, o un aspecto del propio sistema de constructos, puede ser denominado permeable si está tan constituido que nuevas experiencias y hechos pueden ser adicionados, discriminadamente a aquéllos que ya se poseen. Un constructo que "se monta la vida a la grupa" es permeable. Será bajo el predominio de estos constructos como los aspectos más subordinados del propio sistema de construcción puedan ser cambiados sistemáticamente, sin que por ello se derrumbe todo el edificio psicológico.*

Si algunas partes del sistema personal son *impermeables* serán reticentes a los cambios, al "rechazar los elementos por su novedad". La reticencia a los cambios también puede ser el resultado de lo que Kelly denominaba "hostilidad". Como dice Fransella (1980), cuando nuestra experiencia personal fracasa, una de las maneras de afrontarla es negar la evidencia.

*Podemos resistirnos a los cambios y negarnos a aceptar la evidencia tal y como es. Es en ese momento en el que comenzamos*

*a sentir hostilidad. Al actuar bien como psicólogos, como psicoterapeutas, maestros, trabajadores o empresarios, a menudo "hacemos" que los hechos respalden nuestras suposiciones. Una de las razones del rechazo ante las evidencias que nos son contrarias puede ser que la aceptación de esta realidad que nos salta a la vista, requeriría un cambio personal de tal magnitud que no somos capaces de afrontarlo. Sería excesivamente arriesgado.*

*(Fransella, 1980)*

La noción de "rango de conveniencia" de Kelly también merece comentario. Tanto un constructo como un sistema de constructos parecen tener un ámbito de aplicabilidad limitado. Ciertos actos o hechos pueden ser dejados de lado por un constructo porque éste no constituye una forma adecuada de tratar con ellos. El sistema es neutral con respecto a estos actos o hechos -están fuera de su rango de pertinencia-. El Corolario de Modulación permite que los subsistemas desarrollados por una persona sean disjuntos entre sí. Los dominios de significado que nos son útiles para dar sentido a un conjunto de experiencias pueden ser mantenidos separados de otros dominios y de otros conjuntos de experiencias. Ello no quiere decir que no puedan solaparse, sólo que el sistema global de constructos de una persona puede tolerar, simultáneamente, un considerable número de inconsecuencias entre los diferentes subsistemas. Describe la pluralidad de los dominios de significado paralelos que una persona usa en el transcurso de sus actuaciones cotidianas. Kelly, como Werner (1957), considera el desarrollo conceptual como un proceso evolutivo, que implica la diferenciación progresiva de las estructuras conceptuales (grupos de constructos) en subestructuras independientes, subestructuras organizadas jerárquicamente en niveles progresivamente más elevados

de abstracción. La diferenciación funcional de las estructuras acentúa el "rango de pertinencia" del sistema de constructos de cada individuo. Sin embargo, la integración jerárquica de estas diferentes subestructuras es necesaria para la integridad del sistema de constructos personal. El tener una metateoría, que proporcione una ligazón entre un cierto número de miniteorías, puede permitir al individuo tener en cuenta un mayor número de referencias cruzadas de lo que le sería posible dentro de un sistema muy diferenciado. Bruner (1977) lo veía como un aspecto esencial del desarrollo de la inteligencia.

El *Corolario de Fragmentación* sugiere que, dentro del transcurso de una línea de tiempo determinada, una persona puede usar subsistemas sucesivos, que pueden ser inconsecuentes entre ellos. Se nos formula así:

*Una persona puede emplear de forma sucesiva una variedad de subsistemas de construcción, incompatibles interferencialmente unos con otros.*

El énfasis se coloca en el uso sucesivo de sistemas -se hace sobre las inconsecuencias seriadas-. Kelly nos describe una característica común de la vida diaria, donde las personas somos conscientes de lo ilógico de lo que decimos o hacemos. Podemos ser conscientes de ello, tanto en nuestro comportamiento como en el de los otros. Está claro, así mismo, que algunos individuos pueden tolerar un mayor número de inconsecuencias en sus sistemas de construcción que otros, aunque esta tolerancia esté, en sí misma, en función de la permeabilidad del sistema superior y global. Como nos dice Kelly:

*La tolerancia de la incompatibilidad de cada persona, en su construcción diaria de los hechos, está limitada también por*

*la definición de los constructos vigentes, de cuya permeabilidad depende para darle a su vida un sentido conjunto.*

Así como el funcionamiento cognitivo adecuado requiere la integración, por medio del despliegue de los constructos superiores, la diferenciación, la inconsecuencia o *fragmentación* también puede sernos útil. Kelly (1955) nos sugiere que una implicación de su Corolario de Fragmentación es que el alternativismo constructivista puede ayudarnos a contrastar nuevas hipótesis sin tener que descartar las hipótesis/constructos antiguas. Los constructos son hipótesis y podemos mantener constructos incompatibles -Kelly lo ve como una característica del pensamiento humano que es muy visible en los niños-:

*Lo encantador de las hipótesis es que no tienes por qué creerlas. Pienso que ello es la clave de lo genial del método científico. Permite ser inconsecuente con lo que sabes desde hace tiempo, para ver qué sucede. Los niños hacen lo mismo. Lo maravilloso del lenguaje de las hipótesis es su refrescante habilidad para liberar al científico de las ataduras de la consecuencia del adulto. Por unos pocos y preciosos momentos puede pensar de nuevo como un niño, y, tal y como un niño, aprender de la experiencia...*

*(Kelly, 1970)*

Kelly asigna un valor científico a la teorización infantil, muy a menudo inconsecuente, mientras que los constructos de los adultos, muy ordenados, pueden limitar su teorización, así como impedir el desarrollo de nuevos conocimientos. Sin embargo, le ponía límite a la incompatibilidad de los constructos:

*La mayoría de nosotros puede tolerar algún grado de incompatibilidad. Nuestro*

*Corolario de Fragmentación asume que uno puede emplear, sucesivamente, una variedad de subsistemas de construcción, interferencialmente incompatibles entre ellos. El Corolario de Modulación [...] asume que la variabilidad en el sistema de construcción de una persona está limitada por la permeabilidad de los constructos, dentro de cuyo rango de pertinencia permanece la variable. Puestos en común, se concluye de estos dos corolarios que podemos tolerar algo de incompatibilidad, pero no una excesiva cantidad de ella. Lo que pueda ser tolerado depende de la permeabilidad de los constructos de orden superior. Si estos constructos, que, normalmente, superordenarían la variable, son insuficientemente permeables como para admitir la variación dentro de sus rangos de conveniencia, la persona llega a encontrarse dentro de una situación de ansiedad. Su sistema de construcción le ha fallado...*

*(Kelly, 1955)*

Así pues, estos dos corolarios reunidos nos proporcionan un retrato de la persona, que utiliza una variedad de diferentes subsistemas -o miniteorías, como les llamaba Petit (1978)- para dar sentido a lo que le sucede. Estos subsistemas son distintos, semiindependientes y están subordinados, hasta cierto punto, a una trama unificadora, algún constructo de orden superior. Esto quiere decir que, aunque pueda tener construcciones destinadas a tareas específicas o pertenecientes a campos específicos, separadas y fragmentadas con respecto a otras, existe un cierto nivel en el que una persona puede reunir y conjuntar los sistemas. Esta es la característica de la racionalidad, y es base del sentido común, del que se supone dan fe las personas "normales" en su vida diaria: son racionales (Petit, 1978). Como arguye Ryle (1975), el Corolario de Fragmentación nos

es necesario para dar cuenta del hecho, observable por lo general, de que las personas pueden tener creencias o emitir juicios que parecen incompatibles entre sí y, sin embargo, seguir siendo consecuentes y coherentes consigo mismas.

Retomaremos en el próximo apartado mucho de lo que se ha dicho anteriormente para describir algunos de los dominios de significado empleados por los niños al hablar de ciertos tópicos de la clase de ciencias. Los ejemplos que se presentan no intentan elaborar el sistema completo de constructos del individuo, sino hacer un mapa de ciertos aspectos de algunas subestructuras, e intentar proporcionar algo de luz sobre las tramas unificadoras que las reúnen.

### Conceptos en la clase de ciencias

Antes de entrar de lleno en algún ejemplo sobre lo dicho se hace necesario aclarar que el trabajo de Kelly se basa, fundamentalmente, sobre su noción de constructo. La materia que dice tratar de las ciencias en la escuela, y mucha de la pedagogía y literatura concomitante y relacionada con ella, sin embargo, está fundamentada sobre la noción de concepto. En su tiempo, Kelly hacía notar en sus escritos la importancia de esta distinción. Rechazaba los conceptos al verlos como parte del lenguaje de la "psicología mental o de la lógica formal". Prefería el término constructo porque le podía asignar un cierto sentido de personalización, veía los constructos como *actos personales*. Al hacerlo, Kelly contribuyó a un amplio debate acerca de la naturaleza y el estatus de los "conceptos". Lo que Kelly rechazaba era la "escuela tradicional", o la visión abstraccionista de la formación conceptual, en favor de una apreciación variable de los conceptos como organizadores

personales de la experiencia. Bolton (1977) nos hace esta misma distinción:

*La teoría tradicional, conocida como la teoría de la abstracción, o como la "teoría de la copia", sostiene que los conceptos son formados por el sujeto al abstraer (por ejemplo "volviendo a diseñar") ciertas similitudes entre estímulos no similares en la realidad. Desde este punto de vista, un concepto constituye una representación de las generalidades que se han observado entre nuestras diferentes percepciones. El punto de vista opuesto es que un concepto es formado, no por el sujeto atendiendo únicamente a ciertas características generales, sino teniendo en cuenta también una hipótesis particular sobre ciertas características de su medio ambiente.*

Lo primero es representativo de la idea de que los conceptos son una impresión de la naturaleza sobre la mente pasiva, lo segundo que son el resultado de una construcción activa del significado por medio de la experiencia. Dada la creciente aceptación de este segundo punto de vista, la diferencia entre un concepto y un constructo va desapareciendo. Mientras que, a veces, es deseable retener una distinción bien clara, para los propósitos de los argumentos que presentamos aquí los dos términos pueden ser tratados como sinónimos.

Algunas revisiones (como las de Driver, Watts et al., 1990; Pfundt y Duit, 1991) han sacado a la luz el creciente cuerpo de investigaciones sobre las concepciones de los que aprenden sobre partes de la ciencia. La mayor parte de los estudios han tenido lugar en el área de la mecánica, sobre todo en las concepciones que los estudiantes tienen acerca de la fuerza y del movimiento. Los ejemplos que se describen más tarde forman parte de un estudio sobre las concepciones que los niños tienen

sobre los conceptos de energía, fuerza, calor y luz (Watts, 1983).

En las clases de ciencias de la escuela secundaria inglesa es corriente presentar la luz a los alumnos formalmente, dentro de los sistemas ópticos, alrededor de los 14 años (en el nivel de tercer año). Forma parte del nuevo Currículo Nacional (DES, 1989) y se les presenta envuelta la luz en términos de su propagación lineal, la reflexión, refracción, las leyes de las lentes, cajas oscuras, ancho de diafragmas y demás. También se ponen en relación con los "ciclos" energéticos y quizás también se llegue a asociar con la fotosíntesis. Siempre se deja caer en frases tales como "luz del sol", "lámparas en circuitos", "mecheros bunsen", etc.

Alguna vez los maestros, o los libros de texto de este nivel, definen la luz, o el calor, como una "forma de energía", lo que, en sí, es algo vago y ambiguo. Lo normal es que la naturaleza de tales conceptos se dé (y podemos comprenderlo...) por sabida, mientras que se exploran sus propiedades -dejando definiciones más manejables, seguramente, para niveles superiores-. A los niños, por tanto, se les deja que construyan sus *propias* concepciones de la naturaleza de la energía, fuerza, calor y luz, inmersos dentro de una pléyade de términos técnicos. Lo hacen paralelamente a, o simplemente sin ayuda de, la instrucción científica.

Los datos que aquí se transcriben son una parte de las 134 entrevistas con alumnos de secundaria. Se analizan las respuestas de cuatro estudiantes en concreto en cada uno de los cuatro conceptos. Los más jóvenes (un varón, tres jovencitas) son Colin, Cushla, Petina y Susie. Las entrevistas se tienen a intervalos estrictamente iguales, entre dos y tres meses, en el cuarto y quinto año de sus cursos de ciencias físicas. Los cuatro han aprobado el examen GCSE (equivalente a nuestra futura

ESO: N. del T.) en Física al final de su quinto año, las tres chicas continuaron con la Física en el nivel A, Colin dejó la escuela para ir a trabajar con su padre en el taller. Cushla y Petina estaban en la misma escuela exclusivamente para niñas, Colin en una escuela sólo para niños y la escuela de Susie era de coeducación. Las tres eran escuelas públicas (en el sentido que se le da al término en España: N. del T.) de Londres.

Las entrevistas duraban de 40 a 50 minutos y estaban centradas en una serie de dibujos lineales, siguiendo un enfoque denominado método de "Interview-about-Instances" (Entrevistas acerca de Ejemplos) (Gilbert, Watts y Osborne, 1985; Swift, Watts y Pope, 1983) y fueron analizadas siguiendo un procedimiento conjunto.

Los jóvenes fueron sacados de la clase de ciencias durante la jornada escolar. Las entrevistas se tenían, mientras eran grabadas, en una sala adjunta. Se entrevistó a los estudiantes acerca de cuatro conceptos. En resumen, y en lo que respecta a los argumentos que sostenemos en este documento, las entrevistas podrían ser resumidas como sigue:

#### *Colin y Susie*

A lo largo de sus entrevistas tanto Colin como Susie hicieron uso de toda una gama de concepciones particulares e idiosincráticas de los fenómenos naturales y de los significados de los términos energía, fuerza, calor y luz. La idea que Colin tenía de la luz, por ejemplo, es muy chocante, al usar una serie de metáforas e imágenes para describir sus ideas. Nos mostró lo que denominaba sus "teorías" y nos las explicó con cierto detenimiento. Por ejemplo, nos describía cierto número de diferentes tipos de luz (en lugar de una clase universal), usando descripciones de sus distintos efectos. No es lo mismo, nos decía, la luz del sol que la del día, la

“eléctrica” o la artificial. Muy a menudo esta diferenciación entre luz del sol y luz de día se corresponde con la diferencia entre la luz directa y la indirecta provenientes, ambas, del sol. Sin embargo Colin mantenía una separación mucho mayor. La luz del sol te puede poner moreno, mientras que la luz del día no puede; la luz del sol puede ser enfocada por una lupa y “quemar el barniz del pupitre” pero la luz del día no, y así. Era capaz de mantener dominios de significado bien diferenciados para los fenómenos que estaba describiendo. De forma similar, establecía claramente la distinción entre calor y luz -y no por cierto la distinción que podría realizar el maestro-

Más aun, articulaba cierto número de paradojas, de forma que podía ver ambas caras del problema, aun reconociendo no tener muchas soluciones. Por ejemplo, se preguntaba que “si la luz se mueve a la tremenda velocidad que dicen, ¿cómo es posible verla?” Le intrigaba la cuestión de que, cuando se está mirando un haz de luz, cómo puede *vérsela y verse a su través*, al mismo tiempo. Lo siguiente es un ejemplo de cómo describía los haces y los rayos de luz:

*“Bueno, cuando tienes una linterna de la que sale un haz de luz, supongo que esa luz está formada por millones y millones de rayos, que van como olas. Los haces tienen una medida, como las cuerdas, digo yo. Un trozo de cuerda es bastante gruesa, normalmente, pero está formada de un montón de hilos finos. Y me imagino que es así, tienes que imaginártelos hechos de rayos y así son los haces de luz.”*

El punto de vista de Susie es parecido en que a lo largo de las cuatro entrevistas desarrolló algunas concepciones bastantes fuertes, detalladas y extensas. Ambos jóvenes parecían tener ideas bien desarrolla-

das, bien articuladas, y lo bastante fiables como para mantenerlas durante las entrevistas y durante un prolongado lapso de tiempo. Un conjunto de ideas notable consistía en la división de los fenómenos en dos categorías que pueden ser denominadas “forzados” y “naturales”. Aunque los cuatro jóvenes hacían uso de esta distinción, era más persistente y desarrollada en Colin y Susie. Para Susie, fue una concepción diseñada en su primera entrevista en el cuarto año, de la que hacía aún un uso frecuente aunque ya trabajaba en niveles más avanzados en Física. Para decirlo en pocas palabras, algunos hechos parecen suceder naturalmente (y, normalmente, requieren de poca explicación), mientras otros son “manufacturados”, “deliberados”, “forzado, o “hechos por la mano del hombre” (y parecen tender a necesitar de alguna explicación científica). Esta es una división que aparecía a lo largo de cada una de las entrevistas, de forma que surgían situaciones donde las fuerzas son naturales (los objetos que caen, o resbalan por pendientes, el viento que sopla, etc.), y otros “forzados” (cuando se empuja algo, al usar motores, máquinas y demás). Sobre el calor nos decía:

*“Hay una clase de calor natural, como la temperatura del cuerpo, el sol, y hay calor no natural, como la electricidad, el fuego y eso”.*

Parece que esta distinción permitía a estos estudiantes organizar y reorganizar sus explicaciones de una forma claramente útil (para ellos), y que puede ser usada consecuentemente. La luz del día (o “natural”) y la luz “artificial” constituyen otro ejemplo. Los términos que utilizan indican un sentimiento muy enraizado de que los fenómenos pueden ser distinguidos fácilmente de este modo, los campos de lo “natural” y de lo “hecho por el hombre”,

están diferenciados y son distintos, y pueden incluir las restantes nociones de energía, calor, fuerza y luz, si fuera necesario. Es interesante hacer notar también que Susie era capaz de usar esta distinción de su cosecha y, de forma simultánea, utilizar de modo nada ambiguo términos de la "ciencia escolar", como exotérmico y endotérmico (haciendo referencia al calor).

#### *Petina y Cushla*

En Petina y Cushla se percibía una menor consecuencia en sus ideas a lo largo de las cuatro entrevistas, aunque sí eran consecuentes en el uso de sus ideas y explicaciones a lo largo de cada una de las entrevistas, más Petina que Cushla.

Como mencionábamos anteriormente, existen distintas similitudes en algunas de las concepciones utilizadas. Los cuatro estudiantes hacían uso de la concepción "naturales" y "forzados", también los cuatro utilizaban lo que Jung denominaba idea "disociativa" de la luz (Jung, 1981). Decía:

*La luz es conceptualizada como luminosidad, como la condición para percibir los colores en un medio transparente como el aire, el agua o el vidrio... En éste y en otros discursos similares sigue estando implícita la relación entre la luz y el ojo... Hay una clara disociación entre la imagen en el espejo y la recepción de la luz en el ojo.*

Mucho de lo anterior puede leerse en las respuestas dadas por los cuatro estudiantes. Una parte es la distinción que hacen entre la luz (blanca pura) y la producción de imágenes. Una cosa es hablar acerca de los rayos ópticos, de líneas de luz blanca en una caja negra en el laboratorio, y otra muy distinta explicar la visión de una imagen en un espejo. La luz, por supuesto, se refleja en un espejo, como cuando alguien "deslumbra" a un amigo o

compañero utilizando una superficie brillante para que el sol le dé en la cara. Pero parece menos obvio que la propia imagen del espejo sea un reflejo, en lugar de una imagen viva frente a tí.

Lo que queremos resaltar de los datos de estas entrevistas es lo que sigue: en algunos casos los estudiantes creaban nuevas concepciones bien separadas y distintas de las que habían usado anteriormente, quizás sólo uno o dos meses antes. Adaptaban las vigentes para que pudieran dar cuenta de situaciones nuevas o cambiantes, y, en muchos casos, mantenían sus teorías cuanto podían. En algunas situaciones no tenían en cuenta los factores complicados y presentaban un caso simplificado, en otros introducían complicaciones innecesarias, al parecer, y presentaban una construcción expandida y muy elaborada.

Más aun, a veces estas construcciones podían yuxtaponerse en una entrevista sin que el estudiante fuera consciente de anomalía alguna. Un buen ejemplo es una descripción que Susie nos hace de reacciones exotérmicas y endotérmicas, seguida, pocos momentos más tarde, de una respuesta muy antropomórfica sobre una barra de hierro que "no quería" ser calentada y, por tanto, se enfriaba.

Algunas concepciones persisten a través de muchos meses enfrentadas a un monto considerable de clases de Física en la escuela. Otras parecen ser útiles únicamente en tanto puedan dar cuenta del problema contextual inmediato.

#### **Cambio conceptual**

Algunas concepciones (como la de entidades naturales y artificiales de Susie) son, claramente, más relevantes y personalmente útiles que otras. Y la funcionalidad de una concepción puede muy bien

ser el factor decisivo para determinar su permeabilidad. Por ejemplo Strike y Posner (1985) proponen seis razones por las cuales una concepción pueda ser reemplazada por otra:

- si ya no es capaz de interpretar las experiencias personales;
- si ya no es necesaria para tales interpretaciones;
- si es incapaz de resolver problemas que debería de poder resolver;
- si va en contra de las normas epistemológicas o metafísicas personales;
- si sus implicaciones son inaceptables;
- si resulta ser incoherente con el conocimiento en otros campos.

Estas razones son compatibles con las nociones de Kelly acerca del cambio en la construcción. Posner (1981) acentúa la necesidad de considerar las preconcepciones de los estudiantes, sus objetivos, valores y las concepciones de las experiencias anteriores que le ofrecieron tareas curriculares concretas. Hace notar que las preconcepciones de los estudiantes de la facultad pueden ser resistentes al cambio porque han sido adquiridas a través de interacciones con el mundo natural, sin instrucción formal y *"son, por tanto, muy funcionales y adaptables, en y a muchas circunstancias"*. Aunque se han encontrado formas de mejorar, o de construir puentes entre estas preconcepciones y los conceptos formales de la ciencia, Posner sugiere que los estudiantes pueden, sencillamente, compartimentar su conocimiento *"al afirmar que el problema es un problema meramente físico y, que por tanto, no tiene nada que ver con el «mundo real»"*. Un currículo constructivista debería incluir métodos que luchan contra la excesiva *compartimentación y fragmentación*.

Si adopta una perspectiva kellyniana, el maestro debe reconocer que los constructos personales del alumno tienen un importante valor epistemológico y un alto

estatus educativo. Ello no es asumido por los que creen en las "tradiciones" de la enseñanza de las ciencias, que se apoya en la superación directa y eficiente de las creencias de los niños, mediante el conocimiento de la "verdadera" ciencia; cuando afloran, los constructos infantiles no deben ser cuidados y desarrollados, sino "corregidos". Esta idea de la educación está siendo atacada cada vez más (véase, por ejemplo, Donaldson, 1978).

Un enfoque de la enseñanza de las ciencias, que siga la línea de Kelly, nos diría que, en lo que respecta a la política a seguir en clase, las diferencias entre los significados personales del que aprende, los del maestro y los conceptos formales de la "ciencia de los científicos" deberían ser resuletas dentro de un intercambio de ideas abierto donde las diferencias sean valoradas por lo que son, por ejemplo, construcciones o formas alternativas de ver las cosas. Cuando se aplican a un contexto educativo, esta visión constructivista del aprendizaje da pie a los maestros preocupados por la investigación de las ideas de los estudiantes, que intentan incorporar estos puntos de vista al diálogo de la enseñanza/aprendizaje, y que son conscientes de lo importante que es ayudar a los estudiantes a reflexionar y hacer saber su propia construcción de determinado aspecto de la realidad. Hemos avanzado en estas ideas en Bentley y Watts (1991).

Conversaciones como las mantenidas con Colin, Susie, Petina y Cushla pueden ayudarnos a llegar a la comprensión de las perspectivas personales de los alumnos, y a mostrar la modulación y la fragmentación en sus actos de construcción. Otro trabajo (Gilbert y Pope, 1982), que consistía en el análisis de cintas de vídeo de niños que conversaban acerca de sus ideas sobre la energía, era, al mismo tiempo, aclarador de la naturaleza de los constructos que mantenían y del proceso de nego-

ciación del conocimiento entre los niños, haciéndose evidente las tentativas de cambio conceptual que surgían en la discusión.

Como enseñantes podemos vernos en el trabajo de ayudar al cambio conceptual. Ha crecido la, así llamada, "pedagogía del cambio conceptual", basada en la premisa de que el acto instruccional comienza a partir de las concepciones "inocentes" del niño, que se hacen aflorar, y entonces se "experimenta" de forma que (al menos eso se espera) la idea "aceptada" del mundo científico prevalezca, dado el "fracaso" de los modelos personales para mantener el reto de la experimentación. Hasta este punto esto parece ser una implicación de alguna de las ideas de Kelly, pero Kelly tenía mucho más conocimiento de la localización de un campo de significado concreto dentro del sistema de construcción global. Desgraciadamente el modelo de cambio conceptual (el descrito arriba, tal y como se pone en marcha) puede tener graves efectos colaterales. Clark (1985) hace notar que:

*La teoría del cambio conceptual (según Posner, Strike et al.) sostiene que el estado de disposición al cambio conceptual sería preferible que partiera de los propios intentos del que aprende por darle sentido a su experiencia... Un aspecto muy problemático de la forma en que su trabajo ha sido transformado en un método de enseñanza es que los tópicos tratados parten de la sapiencia de los 'curricularistas', y no de la curiosidad del que aprende. Se le pide al maestro que arree a los estudiantes hacia la predisposición al cambio, planteando preguntas... que, probablemente, jamás se le hubieran ocurrido a los estudiantes, induciendo la insatisfacción, posteriormente, con la propia explicación, al confrontarlos con esas preguntas... El resultado es una especie de "asalto*

*cognitivo" en el que los estudiantes se ven forzados a confrontar y abandonar una parte de sí mismos que había sido, y es, bastante útil para ellos en su vida.*

Si tenemos en cuenta los corolarios de organización, modulación y fragmentación de Kelly, tendremos mucho en que basar las ideas de Clark. El campo que está siendo investigado puede estar más o menos relacionado con otros campos, puede ser más o menos permeable, y su posición con respecto a los constructos centrales de importancia vital para la persona. Lo que la persona percibe como posibles consecuencias del cambio puede originar ansiedad, miedo, o ser amenazador. Lo que es difícil para el maestro es evaluar las *consecuencias que prevé el alumno* y el grado de estrés que el "cambio conceptual instruccional", del tipo mencionado anteriormente, va a provocar. Ello no quiere decir que no debamos implicarnos en un proceso de *colaboración* con el cambio conceptual. La "Terapia de Roles Fijos" de Kelly fue un modelo del proceso de ayuda al cambio conceptual. Necesitamos implicarnos dentro de una *enseñanza incitadora* (Purkey y Novak, 1984). Debemos reconocer que al ayudar a los estudiantes a articular sus significados personales estamos ayudándoles a formar una parte de sí mismos. Por tanto, el clima debe ser tal que este hecho sea valorado. Al poner sobre la mesa la idea científica "aceptada" en vigor debemos hacer resaltar su carácter transitorio. Los resultados de este *intercambio* podrán ser distintos.

Un estudiante puede mantener su propia perspectiva y, de forma temporal, adoptar otra perspectiva (fragmentación). Otro puede elegir ver su modelo invalidado y reemplazarlo con el dado por un compañero o por la idea "aceptada" que propone el maestro. Otro curso de acción puede ser que el alumno mantenga de for-

ma resuelta su modelo original y rechace todos los que se le dan (sin embargo, puede *comprender* mejor las otras perspectivas). El proceso de intercambio de modelos personales puede también dar como resultado el que una persona descarte su modelo previo, rechace todos los modelos dados por los miembros del grupo, erigiendo un modelo alternativo que vaya más allá que los restantes. Es este último tipo de cambio el esencial en el *progreso* científico.

Cuál sea el resultado vendrá determinado por la peculiar construcción del individuo en cuestión. Ello no quiere decir que factores tales como el poder social de los patrocinadores de modelos alternativos, la presión hacia la conformidad con el grupo, los sentimientos de propia valoración del individuo, etcétera, no vayan a condicionar el resultado. Estos factores serán construidos por el individuo en relación con su propio análisis de la adecuación de la predicción del modelo, dentro del dominio concreto. Se juzgará la pertinencia del cambio de la idea propia, y el resultado será una integración de toda una serie de factores, tales como el rango de pertinencia, la modulación y la permeabilidad, así como evitar una excesiva fragmentación de la estructura. Para Kelly la construcción es un hecho emocional y cognitivo, y el sistema personal de construcción, al completo, una entidad holística. Los cambios, en cualquiera de sus partes, tienen, en grado mayor o menor, implicaciones en otras partes del sistema total. Sin embargo, una vida creativa implica cambios.

Podemos concluir, por tanto, que los enseñantes de ciencias deben reconocer que la filosofía Kellyniana del Alternativismo Constructivista y del hombre-científico, implica algo más que la valoración y la documentación de los significados personales de los alumnos. Sus ideas sobre el cambio conceptual y su potencial de cam-

bio son merecedores de un examen detenido. Al hacerlo quizás puedan evitar algunos de los graves efectos colaterales a los que hacía mención Clark (Clark, 1985), y estar de acuerdo con él cuando nos dice:

*Creo que existe un gran potencial, y mucho bueno que decir acerca de la capacidad de examinar múltiples puntos de vista y de jugar simultáneamente con varias teorías en conflicto acerca de aspectos del funcionamiento del mundo.*

Tal postura puede ser necesaria para una enseñanza de las ciencias creativa. Como dijo Kelly:

*Perfilar las categorías, una afición común entre los científicos, marca, por lo común, el final de la fase creativa de una carrera distinguida.*

A lo mejor, nos encontramos inmersos dentro de la prevención del perfilado de las categorías.

#### REFERENCIAS

- A.S.E. (1979). *Alternatives for Science Education: a consultative document*. Hatfield, Hert: Association for Science education.
- BENTLEY, D. & WATTS, M. (1991). *Communicating in School Science: groups, tasks and problem solving 5-16*. Falmer Press, London.
- BOLTON, N. (1977). *Concept Formation*. Pergamon Press, London.
- BRUNER (1977). *The Process of Education*. Harvard University Press, New York.
- CLARK, C. (1985). Thoughts on the Epistemological side - Effects of Conceptual Change teaching. Comments developed for the 1985 meeting of the Invisible College of Researchers on Teaching. *Personal communication*, Chicago.

- DEPARTMENT OF EDUCATION AND SCIENCE (1989). *Science in the National Curriculum*. HMSO, London.
- DONALDSON, M. (1978). *Childrens Minds*. Fontana, London.
- DRIVER, R. & EASLEY, J. (1978). Pupils and Paradigms: a Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science *Students*. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- DRIVER, R.; GUESNE, E. & THIBERGIEN, A. (1985). *Childrens Ideas in Science*. Open University Press, Milton Keynes.
- DRIVER, R. (1988). A Constructivist Approach to Curriculum Development. In Fensham (ed), *Developments and Dilemmas in Science Education*. Falmer Press, London.
- DRIVER, R.; WATTS, M.; CARMICHAEL, C.; HOLDING, B.; PHILLIPS, I.; TWIGGER, D. (1990). *Research on Students' Conceptions in Science: a bibliography*. Childrens Learning in Science Project, University of Leeds, Leeds.
- FRANSELLA, F. (1980). Man-as-the-Scientist. In Chapman, A. J. and Jones D. M. (eds) *Models of Man*. British Psychological Society Publication. Leicester.
- GILBERT J.K. & POPE, M.L. (1982). *School Children discussing energy*. I.E.D. mimeograph. University of Surrey, Department of Educational Studies.
- GILBERT, J.K.; WATTS, D.M. & OSBORNE, R.J. (1985). Eliciting Students Views Using an Interview-About-Instances Technique. In West, L.H. and Pines, A.L. (eds), *Cognitive Structure and Conceptual Change*. Academic Press, London.
- JUNG, W. (1981). Conceptual Frameworks in Elementary Optics. Paper presented to the *International workshop on the problems concerning students representations of physics and chemistry knowledge*. Padagogisch Hochschule, Ludwigsburg.
- KELLY, G.A. (1955). *The Psychology of Personal Constructs (Vols. 1 and 2)*. W. W. Norton & Co. Inc., New York.
- KELLY, G. A. (1970). Behaviour as an experiment. In Bannister, D. (ed) *Perspectives in Personal Construct Theory*. Academic Press, London.
- LAKATOS, I. (1970). Falsification and the Methodology of Scientific research programmes. In Lakatos and Musgrave (eds), *Criticisms and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, Cambridge.
- OSBORNE, R. & WITTRICK, M. (1985). The Generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12, 59-87.
- OSBORNE, R. & WITTRICK, M. (1985). The Generative Learning Model and its Implications for Science Education, *Studies in Science Education*, 12, 59-87.
- PETTIT, P. (1978). Rational Man Theory. In C. Hookway and P Pettit (eds). *Action and Interpretation: Studies in the philosophy of the Social Sciences*. Cambridge University Press; Cambridge.
- PFUNDT, H. & DUIT, R. (1991). *Bibliography. Students Alternative Frameworks and Science Education*. IPN Reports in Brief, Institute for Science Education, University of Kiel, Kiel, Germany.
- POPE, M.L. & GILBERT, J.K. (1983). Personal Experience and the Construction of Knowledge in Science. *Science Education* 67 (2), 193-203.
- POPE, M.L. & GILBERT, J.K. (1985). Theories of Learning: Kelly. In Osborne R & Gilbert, J.K. (eds), *Some Issues of theory in Science Education*, Science Education Research Unit, University of Waikato, 19-41.
- POSNER, G.J. (1981). Promising directions in curriculum knowledge: a cognitive psychology perspective. Presented in *AERA*, Los Angeles.
- PURKEY, W.W. & NOVAK, J.M. (1984). *Inviting School Success*. Wadsworth (2nd).
- RYLE, A. (1975). *Frames and Cages: The Repertory Grid Approach to Human Understanding*. Sussex University Press, Brighton.
- STRIKE, K. & POSNER, G. (1985). A conceptual change View of Learning and Understanding. In West LH and Pines AL (eds). *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Academic Press, London.
- SWIFT, D.J.; WATTS, D.M. & POPE, M.L. (1983). Methodological Pluralism and Personal Construct Psychology: A Case for Pictorial Methods of Eliciting Personal Constructions. Paper presented to the *5th International Congress on Personal Construct Psychology*. Boston, Massachusetts.
- WATTS, D.M. (1983). *A study of Alternative Frameworks in School Science*. Unpublished PhD thesis, University of Surrey, Guildford.
- WATTS, D.M. (1991). *The Science of Problem Solving*, Cassell Educational, London.
- WERNER, H. (1957). *Comparative Psychology of mental development* (3rd ed). International University Press, New York.

**SUMMARY**

*Authors claim the value of Kelly's personal constructed theory and, starting, more specifically, from so-called "Corollaries of Modulation and Fragmentation" of the constructed, they analyze some examples in the learning of science concepts to finally arrive at certain implications in the conception of the conceptual change.*

**RESUMÉE**

*Les auteurs revendiquent la valeur de la théorie des construits personnels de Kelly et à partir, plus précisément, des ainsi-appelés "Corollaires de Modulation et de Fragmentation" des construits ils analysent quelques exemples dans l'apprentissage de concepts des sciences, pour finalement arriver à des certaines implications dans la conception du changement conceptuel.*