UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Tesis de Licenciatura

(Extracto: capítulo1, punto 1.1)

"ENSEÑANZA DE LA ÓPTICA DESDE UNA PERSPECTIVA CONSTRUCTIVISTA"

Memoria presentada por

Julia Gil Llinás

Badajoz, Diciembre 1999

1.2.- Análisis del marco teórico que explique el origen de las preconcepciones y su tratamiento.

1.2.1-Introducción.

Todas las investigaciones parecen indicar que los alumnos “saben algo” sobre lo que se les va a enseñar y que es importante que el alumno “aprenda” a partir de ésto. Como profesores, necesitamos conocer estas ideas para que a partir de ellas elaboremos las diferentes actividades de aprendizaje.

En la actualidad existe evidencia empírica de que los alumnos antes de llegar a la instrucción formal ya tienen sus propias concepciones sobre los fenómenos naturales y sobre lo que se les va a enseñar. En los últimos años ha aparecido un gran número de estudios sobre las ideas y conocimientos previos de los alumnos en muy diversas áreas del conocimiento científico. Disponemos, así, de datos abundantes con respecto al conocimiento de los alumnos respecto a los fenómenos físicos y químicos (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985); Hierrezuelo y Montero, 1988); biológicos (Giordan et Vecchi, 1987); sociales e históricos (Carretero y col., 1989) e incluso matemáticos (Orton, 1988).

En la mayoría de los casos estas concepciones no se alteran después de la instrucción. El que aprende tiene, pues, unos “esquemas mentales previos”, que son los que utiliza para interpretar lo que se le está enseñando, los cuales interfieren de manera decisiva en la adquisición de conceptos científicos. La persistencia de preconcepciones erróneas, ha sido ampliamente probada por numerosos autores. En investigaciones anteriores realizadas por nuestro grupo las hemos constatado, como ya hemos señalado anteriormente.

Una causa importante de la persistencia de los errores conceptuales es el hecho de que los modelos didácticos utilizados habitualmente por los profesores: transmisión verbal de conocimientos ya elaborados o descubrimiento inductivo y autónomo, no tienen en cuenta las estructuras conceptuales previas de los alumnos en que los nuevos conocimientos han de integrarse.

La importancia de partir de los conocimientos previos es una de las novedades más relevantes en esta concepción constructivista ya que tiene muchas repercusiones a lo largo de todo el proceso. Por ejemplo, es importante para considerar la capacidad de aprendizaje de un alumno, para determinar los contenidos, para establecer un conflicto cognitivo, la ayuda adecuada, la evaluación inicial, etc.

Se han utilizado diferentes nombres para expresar estas “ideas”, que los alumnos consideran más razonables y útiles que las que el profesor expone:

- ✓ Errores conceptuales.
- ✓ Preconcepciones.
- ✓ Ideas previas.
- ✓ Ideas alternativas.
- ✓ Teorías implícitas.
- ✓ Esquemas conceptuales alternativos.

El hecho de que se utilice uno u otro nombre no es indiferente, ya que usar una u otra nomenclatura responde a diferentes concepciones (Furió, 1986). Por ejemplo, si utilizamos el término de "error conceptual", éste nos indica algo que tenemos que eliminar, destruir; se está concediendo mayor relevancia a la estructura del contenido que se va a enseñar que al estatus mental del estudiante; en cambio, hoy se cree mayoritariamente que estas ideas no se tienen que eliminar, sino que deben utilizarse para iniciar el proceso de enseñanza-aprendizaje .

El término "preconcepción" es utilizado por aquellos que creen que las ideas científicas de los alumnos están poco ligadas a la estructura cognitiva del mismo.

Los términos "esquema conceptual alternativo", "ideas alternativas" o "teoría implícita" indican que son ideas coherentes, persistentes y utilizadas en diferentes contextos. Driver y Erickson (1983) definen "esquema conceptual" como aquella estructura mental construida por el alumno como resultado de las numerosas interacciones con su medio ambiente.

Nosotros utilizaremos el término de "ideas previas" como lo que el alumno sabe antes del aprendiaje en la escuela, y el de "ideas alternativas" o "preconcepción" cuando queramos resaltar su no coincidencia con las ideas científicamente aceptadas.

En este apartado, analizaremos las ideas de los alumnos intentando dar respuesta a siete preguntas básicas:

1.-¿Por qué tienen los alumnos preconcepciones sobre la ciencia que influyen en su aprendizaje?.

2.-¿Cuál es su origen?.

3.-¿Qué características presentan?

4.-¿Cómo se organizan esas ideas en la mente del alumno?.

5.-¿Cómo pueden conocerse?.

6.-¿Cómo cambian esas ideas, o sea, cómo se aprenden los conceptos científicos?.

7.-¿Qué estrategias pueden seguirse para lograr el cambio conceptual?.

Analizaremos a continuación cada una de estas cuestiones.

1.2.2.-Por qué tienen los alumnos preconcepciones

La respuesta a esta cuestión es la que da sentido al llamado Constructivismo, una manera de entender el funcionamiento psicológico de las personas según el cual no podemos conocer el mundo de un modo directo sino a través del filtro impuesto por nuestras ideas o expectativas.

La idea constructivista que podría resumirse brevemente con una frase de Koffka, quien decía que "vemos las cosas no como son, sino como somos nosotros", supone que siempre que intentamos entender o dar significado a algo lo hacemos a partir de una idea o un conocimiento previo que tenemos.

La influencia de las expectativas e ideas alternativas sobre la forma en que percibimos y actuamos en el mundo no es algo exclusivo de los estudios sobre comprensión de la ciencia en los alumnos. De hecho, tener ideas previas influyentes y reacias al cambio no es algo que caracterice a los alumnos que estudian ciencias, sino que más bien es un rasgo que define al funcionamiento cognitivo del ser humano.

Casi todo lo que hacen las personas está determinado por la forma en que intentan dar sentido a las cosas que les suceden y las personas que les rodean. Sin ir más lejos, todo profesor, para llevar a cabo su labor, debe de interpretar lo que hacen los alumnos—y sus compañeros—con el fin de poder predecir su conducta.

Una teoría, dicho de una forma simple, es una descripción que muestra algunos de los aspectos de la realidad. Pero sobre una misma realidad pueden darse distintas descripciones, aspecto que es obvio para cualquier científico, conocedor de que en una misma ciencia oficial se da el caso de la existencia de teorías que presentan diferentes visiones de los mismos hechos físicos. Así en Optica se discutió, durante algún tiempo, si la luz era una onda o estaba formada por partículas. La idea de partículas o de onda describen aspectos complementarios de una misma realidad, la cual no es estrictamente ni una cosa ni la otra, es luz. Dependerá del experimento, impuesto por la teoría utilizada, para que se manifieste de una u otra forma.

Todos elaboramos teorías de cuanto nos rodea, entre ello de los fenómenos físicos de nuestro ámbito de experiencia. La construcción de estas teorías responden a necesidades funcionales de organización de nuestro mundo; necesidades que están apoyadas en una preferencia por las explicaciones causales (Pozo y col., 1992)

La razón por la cual en las teorías espontáneas se dan una preferencia por lo causal es de índole psicológica. Por una parte es necesario, bajo un punto de vista existencial, predecir acontecimientos; la supervivencia depende de ello. Por otra, existe la necesidad de controlar, en lo posible, esos acontecimientos; y para mejor ejercer tal control es necesario poder explicar, es decir, conocer las causas de esos acontecimientos y así tener la posibilidad de influir en ellos según nuestra conveniencia. Lo causal encierra, por tanto, dos aspectos: la predicción y el control.

Vemos, pues, que las cosas no poseen significados en sí mismas, únicamente existen significados construidos personalmente que condicionan fuertemente el posterior aprendizaje a través de la instrucción. En el caso concreto de la enseñanza aprendizaje de la física, la trascendencia de estas teorías personales está actualmente constatada (Suero y col., 1991; Pozo y col., 1992)

Una de las formas de entender por qué tenemos ideas causales tan influyentes y persistentes sobre la realidad es comprender las funciones que el conocimiento causal tiene en nuestra vida ordinaria. Dejando a un lado reflexiones de otro calibre (Pozo, 1989) nuestras ideas o conceptos sirven, en palabras de Bruner, Goodnow y Austin (1956), para “liberarnos de la esclavitud de lo particular”. De un modo más específico parecen cumplir dos funciones fundamentales para nuestra supervivencia física y mental.

En primer lugar nos permiten predecir acontecimientos futuros, deseados o temidos. Pero además de predecir esas situaciones las podemos controlar.

Claxton (1984), en su reflexión sobre la función de las teorías personales en el aprendizaje, establece dos reglas que regirían las relaciones constructivas entre esas teorías y el mundo:

“Esto nos lleva a dos principios muy importantes: lo que hago depende de lo que mi teoría me dice sobre el mundo, no de cómo es el mundo en realidad. Puede que la serpiente sea una cuerda, pero corro; quizás la silla sea un holograma, pero me siento; puede que el guardia de tráfico sólo quiera saber el resultado del partido, pero los nervios se me agarran al estómago cuando le veo acercarse; es posible que la clase esté inquieta porque la madre de Diana ha tenido que ir al hospital, pero mi reacción es la de creer que no les gusto y que los vikingos les aburren. Sin embargo: lo que sucede después depende de cómo es el mundo en realidad, no de cómo creo que es. Si cometo el error contrario y creo que la serpiente es un trozo inofensivo de cuerda vieja, esto no va a impedir que me muerda" (Claxton, 1984, págs. 33-34 de la trad. cast).”

Estas relaciones pueden variar según sea la naturaleza del objeto al que se refiere nuestro conocimiento; así, las personas tenemos la a veces agradable y a veces sinuosa tendencia a adaptar nuestra conducta a las expectativas que los demás tienen con respecto a ella, cosa que no hacen los objetos físicos. Más allá de estas posibles diferencias, estas relaciones rigen en general los procesos de construcción del conocimiento.

Pero las personas no intentamos sólo predecir y controlar sino también explicar o, si se prefiere, atribuir un efecto a una determinada causa. Se ha comprobado por ejemplo que un factor que influye en la motivación de los alumnos—y de los profesores—es la interpretación que hacen de sus éxitos y fracasos. Lo grave no es sólo fracasar sino cómo explicamos el fracaso. Si lo atribuimos a causas que no controlamos, nos hallaremos indefensos ante el futuro. Por ello, en ocasiones resulta más conveniente desde el punto de vista de nuestra autoestima crearnos lo que los psicólogos denominan una ilusión de control, es decir, creer que controlamos incluso los acontecimientos que están fuera de nuestro control.

Las creencias mágicas y sobrenaturales en los pueblos primitivos, o incluso entre nosotros, parecen tener una función de controlar—aunque sea ilusoriamente—fenómenos naturales muy relevantes para la vida social. Sean animistas o causales, las explicaciones reducen lo aleatorio y lo incierto, infundiéndonos mayor seguridad en nuestras muchas veces aleatorias e inciertas decisiones y creencias. Abandonar una idea en la que creemos, supone perder control sobre la realidad a no ser que dispongamos de una idea mejor.

Una de las razones para la resistencia de los alumnos al cambio conceptual puede ser que la nueva explicación no dé cuenta, a los ojos de los alumnos, de todo lo que su concepción, por alternativa que sea, controla y explica. Johnson, (1987) ha mostrado que esa resistencia se produce no sólo entre los alumnos, sino también entre los profesores cuando se ven enfrentados a abandonar su modelo didáctico habitual por otro nuevo, supuestamente más eficaz.

Si la explicación causal de los hechos es tan relevante para nuestro funcionamiento cognitivo, cabe esperar que las personas dispongamos de procedimientos eficaces y poco costosos para obtener información causal sobre el mundo. De hecho, parece haber ciertos procesos cognitivos y sociales en el origen de las ideas que los alumnos tienen sobre la Ciencia, que estarían en buena medida relacionados con esos procesos de inferencia causal.

1.2.3.-Cuál es su origen

El porqué se forman estas –ideas- se debe a varios factores, unos relacionados directamente con la formación escolar y otros con el mundo no escolar en el que los alumnos están inmersos. Las causas principales de formación de estas ideas son:

- ✓ Los libros de texto u otros materiales utilizados en los estudios.
- ✓ Experiencias y observaciones de la vida cotidiana.
- ✓ Interferencia del vocabulario científico con el lenguaje cotidiano.
- ✓ La cultura propia de cada civilización y los medios de comunicación.

Los libros de texto son una de las principales causas de la formación de preconcepciones. En muchos casos utilizan una terminología ambigua que induce a confusión. Por ejemplo: "Las imágenes reales no se ven a simple vista, las imágenes virtuales no existen"(Peña y García, 1998).

En otros casos son los esquemas de los libros los que inducen a errores. Además, los libros de texto no tienen en cuenta las ideas que -a priori- puedan tener los alumnos, y no prevén las dificultades que estas ideas pueden entrañar para la comprensión de la información escrita y gráfica que aparece en el libro. Mostramos a modo de ejemplo la figura 1.

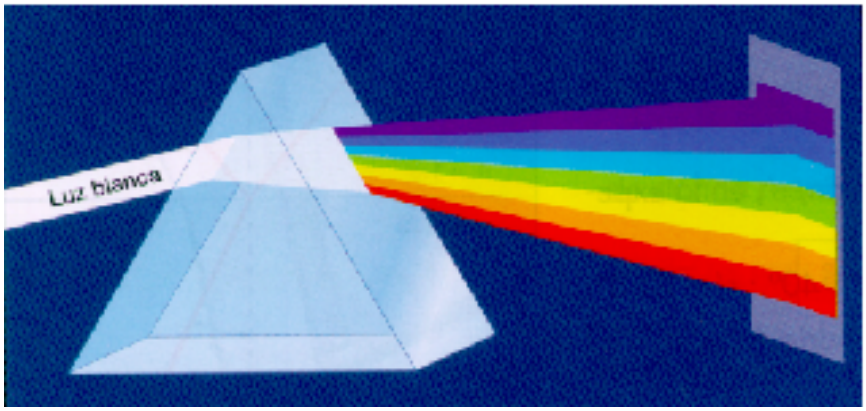

Figura 1

Probablemente las ideas más persistentes sean aquellas que están relacionadas con las experiencias y observaciones de la vida cotidiana de los alumnos.

Hay una clara interferencia entre el lenguaje cotidiano y el científico. Muchas palabras no tienen el mismo significado en el lenguaje científico y en el coloquial. Decimos :"Me reflejo en el espejo" (es la luz lo que se refleja).

Por último, nos vamos a referir a la influencia que tiene en la formación de ideas previas la propia cultura, es decir, las creencias y prácticas del entorno inmediato al alumno (familia, amigos....).

En la actualidad forman parte también de nuestra cultura los medios de comunicación, sobre todo la televisión. Ésta refuerza la interferencia entre el lenguaje cotidiano y el científico.

Teniendo, pues, en cuenta todas las causas anteriormente enumeradas es muy difícil imaginar que el alumno llegue sin ideas previas a las clases de Ciencias, ya que está recibiendo una información continuada sobre la mayoría de contenidos del área de Ciencias Experimentales.

Hay, ya, un buen número de sugerencias sobre las causas psicológicas de que los alumnos tengan las ideas que tienen sobre muchas situaciones (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Pozo, 1987; Pozo y col., 1991).

Todas las causas antes mencionadas pueden, a nuestro entender (Pozo et al., 1991) clasificarse en tres grandes grupos, que originarían tres tipos de concepciones levemente diferenciadas, aunque en continua interacción, que, podrían resumirse así:

- ✓ **Origen sensorial: Concepciones espontáneas**. Se formarían en el intento de dar significado a las actividades cotidianas y se basarían esencialmente en el uso de reglas de inferencia causal aplicadas a datos recogidos—en el caso del mundo natural—mediante procesos sensoriales y perceptivos.

- ✓ **Origen cultural: Representaciones sociales**. El origen de estas concepciones no estaría tanto dentro del alumno como en su entorno social, de cuyas ideas se impregnaría el alumno. La cultura es entre otras muchas cosas un conjunto de creencias compartidas por unos grupos sociales, de modo que la educación y la socialización tendrían entre sus metas prioritarias la asimilación de esas creencias por parte de los individuos. Dado que el sistema educativo no es hoy el único vehículo de transmisión cultural, los alumnos accederían a las aulas con creencias socialmente inducidas sobre numerosos hechos y fenómenos.

- ✓ **Concepciones analógicas**. A pesar de la ubicuidad de las concepciones alternativas, existen algunas áreas de conocimiento con respecto a las cuales los

alumnos carecerían de ideas específicas, ya sea espontáneas o inducidas, por lo que para poder comprenderlas, se verían obligados a activar, por analogía, una concepción potencialmente útil para dar significado a ese dominio. Cuanto menor sea la conexión de un dominio con la vida cotidiana mayor será la probabilidad de que el alumno carezca de ideas específicas al respecto. De esta forma, la comprensión debe basarse en la formación de analogías, ya sea generadas por los propios alumnos o sugeridas a través de la enseñanza.

Esta distinción no implica que desde un punto de vista cognitivo las diferentes concepciones funcionen por separado. De hecho, como acabamos de sugerir, las analogías se basan en concepciones ya existentes, normalmente formadas a través de las otras vías. Del mismo modo, las concepciones socialmente transmitidas deben ser asimiladas por cada persona en función de sus conocimientos previos, en los cuales, obviamente, las concepciones espontáneas desempeñan una función primordial. En todo caso, hay motivos para creer que las ideas previas pueden ser de diferente naturaleza en unos dominios y otros.

El conocimiento sobre el mundo natural es en muchos casos espontáneo y tiene su origen en la percepción inmediata del entorno y en un razonamiento intuitivo que intenta dar sentido al comportamiento de los objetos (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Pozo y col., 1991).

Sin embargo, en algunas áreas del mundo físico, por ser inaccesibles a la percepción directa, las ideas de los alumnos se basan, en gran medida, en modelos o analogías recibidos a través de la enseñanza, pero no siempre bien asimilados. No obstante, la fuerte influencia de los medios de comunicación hace que en algunas áreas del conocimiento científico las ideas de los alumnos estén constituidas por “representaciones sociales” que, en lugar de ser una construcción más o menos espontánea del alumno, se trasmiten a través de esos canales de socialización (por ej., las ideas sobre el S. I. D. A., el equilibrio ecológico o los peligros de la energía nuclear).

Vamos a resumir algunas de las reglas de inferencia y búsqueda causal que las personas ponemos en marcha cuando nos encontramos ante la necesidad de explicar, predecir o comprender algún fenómeno: Estas reglas vendrían a constituir, de alguna forma, esa “metodología de la superficialidad” con la que según algunos autores (Gil, 1983), los alumnos se acercan a los acontecimientos científicos y que en muchos casos serían opuestas a los esquemas más complejos de explicación y relación causal que se establecen en el conocimiento científico, explicando en parte las diferencias entre el conocimiento intuitivo de los alumnos y ese conocimiento científico.

Existe un primer principio en nuestro pensamiento causal cotidiano, que es útil para entender la naturaleza de nuestras búsquedas causales. Como diversos autores han destacado, los alumnos “tienden a explicar los cambios, no los estados”. Por ejemplo, en contra de los supuestos de la mecánica newtoniana, los alumnos suelen mantener la creencia aristotélica de que el estado de reposo es el estado "natural" de las cosas, de tal forma que todo movimiento debe ser

explicado, y por tanto todo movimiento implica una causa—en este caso, una fuerza—lo que les va a dificultar comprender todos aquellos conceptos que impliquen conservaciones no observables o el mantenimiento de estados dinámicos de equilibrio.

En la comprensión de la ciencia por los alumnos se ha destacado, repetidamente, que sus concepciones se centran, casi exclusivamente, en lo observable, que su pensamiento está "dominado por lo perceptible". Así, la luz sólo existe cuando sus efectos son observables y los rozamientos no se conciben como fuerzas. De esta forma, los alumnos parecen partir de una regla que afirmaría algo así como que "lo que no se percibe, no se concibe".

Otra regla que todos nosotros solemos usar en nuestros análisis causales cotidianos es la "regla de semejanza". Dejando a un lado otras situaciones en las que las personas aplicamos esta regla, en nuestros análisis causales tendemos a creer que existe una semejanza básica entre las causas y los efectos, por lo que ante un efecto novedoso tendemos a buscar causas similares a él en algunos aspectos.

Una de las implicaciones de esta regla es que las personas tendemos a creer que existe una semejanza entre los hechos y los modelos que los explican. Los que no somos expertos en un área tendemos a explicar los estados emocionales de las personas por causas emocionales, o la situación económica de un país por causas económicas, mientras que los expertos admiten una más compleja relación entre causas y efectos de naturaleza diferente.

Otro tanto les sucede a los alumnos con la ciencia. Si en el mundo observable o macroscópico, la materia es continua así será también en el mundo microscópico. Una consecuencia de esta regla será que tenderemos a atribuirle a la realidad desconocida las propiedades de los modelos conocidos o más accesibles. Dado que nosotros mismos somos la parte del mundo sobre la que más conocimiento tenemos acumulado y accesible (aunque no siempre sea muy certero), tenderemos a pensar que el mundo se nos parece.

Esta regla de semejanza tiene una segunda consecuencia sobre nuestros juicios causales. Además de creer en ocasiones que las causas son de la misma naturaleza que los efectos observados, tendemos a creer muchas veces que existe una semejanza o correspondencia cuantitativa entre ambas. Según el conocido dicho de que "a grandes males, grandes remedios", tendemos a creer, de forma intuitiva, que "a grandes efectos, grandes causas". Así, un cambio en la cantidad de efecto se debe corresponder con un cambio similar en la cantidad de causa, y viceversa. Ante un recipiente con agua hirviendo (a 100° C), los alumnos creen que si incrementamos la intensidad del fuego aumentará en correspondencia, la temperatura del agua.

En mecánica tienden a creer que el movimiento de los objetos está causado por una fuerza en la dirección del movimiento que aumenta a medida que el objeto se acelera y disminuye a medida que éste decelera.

Otra de las reglas habituales en el razonamiento causal cotidiano de los alumnos es “la contigüidad espacial entre causa y efecto”. La causa debe estar próxima, si no en contacto directo con el efecto. Aunque en algunos dominios podemos admitir la causalidad indirecta o mediada, tendemos a buscar las causas cerca o en contacto con los efectos, o, en palabras de Andersson (1986), cuanto más cerca, mayor es el efecto. Así, ante un circuito eléctrico, los alumnos creen que cuanto más alejada está una bombilla de la fuente de energía menos lucirá y que una pérdida de contacto entre causa y el efecto disminuye o hace desaparecer la relación causal.

El razonamiento secuencial de los alumnos sobre circuitos eléctricos no es el único ejemplo de la necesidad de ese contacto. Otros similares se encontrarían en mecánica (un objeto en movimiento lleva una fuerza o ímpetu en sí mismo).

Muy conectada con lo que acabamos de decir está la “regla de contigüidad temporal entre causa y efecto”, según la cual no sólo estarían próximos en el espacio sino también en el tiempo. Aunque el horizonte temporal del alumno va aumentando con la edad de tal forma que progresivamente va representándose períodos de tiempo más largos hay una tendencia a buscar las causas de los hechos en los fenómenos inmediatamente anteriores a los efectos. Esta tendencia suele ser útil en la causalidad mecánica, pero plantea dificultades cuando los fenómenos que deben explicarse se inscriben en períodos notablemente largos.

Una última regla tiene que ver con el uso que las personas hacemos de la covariación simple. Aunque la covariación entre dos hechos, por sistemática que sea, no implica una relación causal entre ellos (por ej., el rayo y el trueno no están causalmente relacionados entre sí, sino que ambos son efectos de otra causa común), las personas, alumnos incluidos, tendemos a atribuir causalidad a los hechos que suceden sistemáticamente juntos. En su forma más simple, que dos hechos sucedan juntos una vez puede bastarnos para establecer una conexión causal entre ellos.

Las dificultades que muestran los alumnos para controlar variables, debidas sobre todo a problemas conceptuales y metacognitivos, están relacionadas con la dificultad de usar explicaciones causales múltiples y con la de analizar covariaciones múltiples en lugar de simples concurrencias. De entre los métodos de razonamiento científico, el razonamiento correlacional (que requiere el uso y dominio de técnicas estadísticas) es probablemente uno de los menos desarrollados no sólo entre los alumnos adolescentes sino también entre los adultos universitarios.

A pesar de la importancia de estas reglas, posiblemente no agoten todas las que los alumnos utilizan en su razonamiento cotidiano para formar sus concepciones espontáneas.

En cualquier caso, el uso de estas reglas sería un rasgo que diferenciaría el conocimiento cotidiano, o espontáneo, de los alumnos del conocimiento científico

que adquieren en el aula, por lo que el aprendizaje de la ciencia debe estar relacionado, también, con una modificación o restricción en el uso de estas reglas simplificadoras. Pero existen otras diferencias importantes entre las ideas de los alumnos sobre la ciencia y las teorías científicas, que están relacionadas con la forma en que está organizado cada uno de estos dos tipos de conocimiento.

A partir de su formación por cualquiera de las vías antes mencionadas, las ideas les sirven a los alumnos para comprender y predecir el mundo que les rodea. Siguiendo la brillante metáfora de Claxton (1984), esas ideas constituyen el mapa que permite a las personas moverse por el territorio del mundo. Según este autor, las personas vivimos y nos comportamos de acuerdo con el mapa que tenemos de las situaciones o territorios. Va incluso más allá al señalar que las personas vivimos en el mapa y no en el territorio, en el sentido de que somos incapaces de diferenciar nuestras ideas—que actúan como filtros o cristales a través de los cuales vemos todo—del mundo "real". Necesitamos un mapa, como cualquiera que viaja por un territorio desconocido. ¿Pero cómo está organizado ese mapa? Lejos de consistir en ideas deslavazadas, los conocimientos de las personas se organizan en forma de verdaderas "teorías implícitas".

1.2.4.- Qué características presentan.

Ya que estas ideas aparecen en todos los campos de las Ciencias, es de imaginar que tendrán unas características comunes. Analizando el resultado de las investigaciones llevadas a cabo se puede comprobar que distintos alumnos en lugares diferentes presentan ideas parecidas, por lo que podemos pensar que éstas tienen un cierto grado de universalidad, o sea, que presentan unas características comunes.

Si bien los conocimientos previos son heterogéneos en función de la edad de los alumnos, la instrucción recibida, etc., presentan las siguientes características comunes (Pozo y col., 1991):

✓ **"Los conocimientos previos son construcciones personales de los alumnos"**, es decir, han sido elaborados de modo más o menos espontáneo en su interacción cotidiana con el mundo y con las personas. Desde la cuna los niños están percibiendo el movimiento, el sonido, la luz ... y prediciendo de modo más o menos fiable su comportamiento. Se forman así ideas previas que, aunque suelen ser incoherentes desde el punto de vista científico, no lo son desde el punto de vista del alumno. De hecho, suelen ser bastante predictivas con respecto a fenómenos cotidianos, aunque no sean científicamente correctas. El alumno predice con bastante éxito cómo se mueven los objetos, pero sus explicaciones se alejan de la mecánica newtoniana.

✓ **"Son bastante estables y resistentes al cambio"**. Se observan no sólo en niños y adolescentes, sino también entre adultos, incluso graduados. Se ha

comprobado que aun después de la enseñanza formal, las ideas o concepciones de los alumnos no se modifican en un gran número de casos (Suero y col., 1991). El porqué de esta persistencia se debe a que para los alumnos sus concepciones son verdades indiscutibles, por estar basadas en la epistemología del sentido común, les dan seguridad y les facilitan la toma de decisiones. El profesor también es culpable de esta persistencia, ya que al ignorar estas ideas, no realiza actividades para superarlas.

✓ **"Son compartidas por personas de muy diversas características (edad, país, formación...)",** a pesar de ser construcciones personales. Existen en general unas pocas tipologías en las que puede clasificarse la mayor parte de las concepciones alternativas en un área determinada. Esta universalidad llega incluso a trascender el tiempo, y aparecen en algunos casos ideas similares a las que poseían filósofos y científicos de tiempos pasados. Por ejemplo, una mayoría de alumnos tiene una concepción pitagórica de cómo vemos los objetos no luminosos: "algo sale de los ojos que se dirige al objeto".

✓ **"Tienen carácter implícito frente a los conceptos explícitos de la ciencia".** Ello condiciona la metodología a utilizar para su estudio, ya que, aunque en algunos casos se identifican a través del lenguaje, la mayoría se descubren implícitos en las actividades o predicciones de los alumnos, constituyendo teorías que los estudiantes no pueden verbalizar. De hecho, uno de los factores a tener en cuenta para promover el aprendizaje a partir de los conocimientos previos, será fomentar en primer lugar la toma de conciencia de los alumnos con respecto a sus propias ideas, ya que sólo haciéndolas explícitas y siendo conscientes de ellas, lograrán modificarlas.

✓ **"Los conocimientos personales buscan la utilidad más que la verdad".** Así, las ideas previas sobre el movimiento de los objetos sirven para mover con eficacia los objetos, mientras que los conocimientos científicos sirven para descubrir leyes generales sobre el movimiento de los objetos y no necesariamente para moverlos mejor.("Al alejarnos de un espejo los alumnos piensan que la imagen disminuyen, porque ellos la ven más pequeña. No se paran a pensar que aumenta la distancia entre el espejo y ellos y parece que la imagen es menor"). Es decir, en el aula se le proporcionan conocimientos generales, mientras que sus ideas son específicas, se refieren a realidades próximas a las que el alumno no sabe aplicar las leyes generales que se explican en clase. Una solución podría ser presentar el conocimiento científico en situaciones y contextos próximos a la vida cotidiana.

✓ **"El carácter indiferenciado de algunas nociones previas"** permite que los alumnos pasen de un significado o aspecto a otro sin ser necesariamente conscientes de ello, lo que explica de alguna manera las inconsistencias en su pensamiento.

✓ **"El razonamiento de los estudiantes se centra sobre estados cambiantes más que en estados de equilibrio".** Así, por ejemplo, establecen que actúa una fuerza cuando se observa movimiento, pero reconocen, en muy pocas

ocasiones, la existencia de fuerzas en sistemas en equilibrio estático. La idea de que es el cambio lo que requiere explicación está en la raíz del razonamiento causal de los alumnos.

✓ **"Guardan un cierto paralelismo con las mantenidas por los científicos a lo largo de la Historia",** como ocurre con la generación espontánea, el modelo lamarckista, la teoría aristotélica del movimiento, etc., sin querer esto decir que el pensamiento del alumno siga el mismo desarrollo que el de los científicos. En cualquier caso, el conocimiento de la historia de la Ciencia nos puede ser útil para comprender mejor algunas de las dificultades que tienen nuestros alumnos para la elaboración de conceptos científicos. Por ejemplo los alumnos en sus esquemas sobre la visión, mantienen la idea de los pitagóricos (siglo VI a. C) y la de Euclides (300 a. C.): "El rayo luminoso es rectilíneo y lo emite el ojo humano".

✓ **"Son ideas dominadas por la percepción"**, "lo que se ve es lo que se cree". Por ejemplo, los cuerpos más pesados caen más rápido, hace falta una fuerza constante para mantener un movimiento uniforme, la luz es algo estático que llena el espacio, etc.

✓ **"Dependen mucho del contexto"**, ya que un mismo individuo puede mantener diferentes concepciones sobre un determinado fenómeno, utilizando argumentos diferentes ante situaciones que son equivalentes desde el punto de vista científico.

1.2.5.-Cómo se organizan

Aunque buena parte de los estudios sobre preconcepciones o concepciones alternativas de los alumnos se limitan a estudiar una o unas pocas ideas aisladas—en vez de las estructuras organizadas de Piaget—, resulta útil pensar que los alumnos disponen de verdaderas "teorías implícitas" sobre diversos ámbitos de la ciencia.

Diversos autores (por ej., Driver, Guesne y Tiberghien, 1985) han subrayado que, frente a la búsqueda de coherencia por parte de los científicos, las ideas de los alumnos son aparentemente incoherentes, variando su significado de una situación a otra y de una tarea a la siguiente. En buena medida, las ideas que componen las preconcepciones son por una parte, incoherentes—en el sentido de que no se aplican por igual en diversas situaciones—y, por otra parte, inconsistentes, ya que, en ocasiones, diversas ideas que componen una misma teoría son incompatibles entre sí.

Esta falta de consistencia, o coherencia, de las preconcepciones se deriva de su propia naturaleza, de su carácter implícito. Mientras que las teorías científicas deben por necesidad explicitarse en un lenguaje o sistema de

representación compartido por una comunidad, lo que les obliga a intentar ser tanto coherentes como consistentes, buena parte de las preconcepciones son incomunicables.

Las preconcepciones suelen subyacer a la acción, manifestándose sólo a través de ella y resultando en muchos casos muy difíciles de verbalizar. Ello plantea un serio reto metodológico a los investigadores, ya que no basta con preguntar a un sujeto sobre un tema para conocer sus preconcepciones, dado que es muy probable que el propio sujeto las ignore. Un maestro que nos habla sobre su forma de dar clase o un paciente que expone a un psicólogo sus problemas y angustias pueden ignorar sus "verdaderas" representaciones implícitas a su acción.

De todo esto, se derivan dificultades metodológicas que no siempre se tienen en cuenta en los estudios sobre las concepciones alternativas de los alumnos sobre la ciencia, en los que se le suele conceder la misma fiabilidad a datos procedentes de fuentes claramente distintas.

Además, este carácter implícito de las teorías de los alumnos conecta con la necesidad, de fomentar la toma de conciencia con respecto a sus propias ideas como uno de los requisitos del llamado "cambio conceptual". La frase de Vygotsky según la cual "la conciencia es contacto social con uno mismo" cobra aquí todo su significado.

Sólo mediante la toma de conciencia de las propias teorías o modelos implícitos que solemos usar para interpretar la realidad podremos llegar a superar éstos, y esa toma de conciencia es uno de los productos de la instrucción y por tanto de la vida social. Ante situaciones nuevas, las personas, de modo no deliberado y por tanto no consciente, solemos utilizar esquemas, modelos o teorías que nos han sido útiles con anterioridad. En la activación de esas teorías actúan una serie de procesos psicológicos que el sujeto, por supuesto, desconoce.

Con todo lo anteriormente dicho podría parecer que las teorías implícitas son gravemente erróneas y por tanto inútiles o ineficaces. Sin embargo, no es así. En tanto se mantienen, las teorías implícitas suelen generar predicciones con bastante éxito en la vida cotidiana. Las personas levantan objetos, lanzan balones a canasta, andan en bicicleta o caminan a diario con un cierto nivel de éxito sin conocer las leyes físicas que gobiernan cada uno de los movimientos. De hecho, cuando se investigan las teorías implícitas de la gente sobre el movimiento de los objetos y la gravedad (Pozo, 1987) se descubre que éstas son científicamente incorrectas. Esta paradoja aparente se resuelve cuando pensamos que las teorías científicas buscan metas distintas.

Como señala Claxton (1984) las teorías personales deben ser útiles; las teorías científicas deben ser ciertas. Esta diferencia de criterios está una vez más conectada con el carácter implícito o explícito de las ideas de los alumnos. Las teorías personales del alumno que está aprendiendo ciencias tienen un aquí y ahora. Se refieren a hechos concretos; las leyes científicas que se les pretenden enseñar son no sólo posibles—en vez de reales—sino además necesarias.

Utilizando una distinción piagetiana central a su teoría funcional de la equilibración, las teorías implícitas buscan el éxito mientras que las teorías científicas intentan comprender.

Esto conecta con otra importante diferencia. Algunos autores, como por ejemplo Furnham (1988), sostienen que las teorías científicas tienden a ser deductivas y falsacionistas mientras que las teorías personales serían más bien inductivas y verificacionistas. Aunque esta diferencia no sea, una vez más, dicotómica, dada la resistencia a la falsación existente en la propia labor científica, puede mantenerse como una tendencia.

Dado el distinto objetivo de las teorías personales y las teorías científicas el papel de los datos contrarios a ellas es muy diferente en uno u otro caso. La aparición de un solo dato contrario muestra la falsedad de una teoría científica, pero reduce muy poco la utilidad de una teoría personal que se ha aplicado con eficacia en muchas ocasiones anteriores. Como ha mostrado Carretero (1984) los adolescentes que encuentran un dato contrario a sus teorías recurren a veces a la idea popular según la cual "la excepción confirma la regla", manteniendo intacta su teoría a pesar de los datos contrarios.

Esta tendencia a la verificación o mantenimiento de las propias ideas tiene una función importante en los procesos de cambio de esas ideas. Si pretendemos que los alumnos comprendan, al menos en parte, las teorías científicas deberemos intentar que modifiquen sus teorías implícitas y se acerquen progresivamente a las teorías científicas, a través de un proceso de cambio conceptual.

Junto a las características que venimos señalando, existe otra importante diferencia entre las teorías personales y las teorías científicas. Las teorías implícitas están, con cierta frecuencia, compuestas de ideas poco conectadas entre sí, lo que las diferencia del conocimiento científico del experto. A diferencia de lo que sucede con las teorías personales o implícitas, el científico no reflexiona tanto sobre los objetos como sobre sus teorías sobre los objetos. El científico no busca tanto, (o al menos sólo) predecir la "conducta" de los objetos cuanto establecer modelos conceptuales más precisos. Para ello se ve obligado a recurrir a esquemas o modelos causales que van más allá de aquellas simples reglas de inferencia causal que veíamos en el apartado anterior. Dicho de otra manera, las teorías científicas se basan en estructuras conceptuales diferentes de las que poseen las teorías implícitas de los alumnos.

Desde nuestro punto de vista pueden identificarse ciertos rasgos estructurales comunes a diversas teorías implícitas mantenidas por los alumnos, que las diferenciarían de las teorías científicas. Esos rasgos estructurales actuarían como verdaderos obstáculos epistemológicos que tendrían que ser superados en cada dominio concreto, de forma que su superación caracteriza precisamente a la mayor parte de las teorías científicas. Estas restricciones estructurales que pueden identificarse en algunas de las teorías implícitas de los alumnos conectarían con un concepto central en la concepción piagetiana sobre el pensamiento formal; los esquemas operatorios formales (Carretero, 1985).

Según Inhelder y Piaget (1955, pág. 259 de la trad. cast.), estos esquemas serían "las nociones que el sujeto puede construir a partir del nivel formal, cuando se encuentra ante ciertos datos, pero cuya adquisición no manifiesta fuera de estas condiciones". Se trata por tanto de formas de pensar o conceptualizar accesibles a partir del pensamiento formal que sólo se actualizan ante tareas concretas, ya sea espontáneamente o a través de la instrucción. Entre sus características definitorias se hallarían:

a) Tener un nivel de generalidad, o inclusión, intermedio entre las características generales antes enunciadas y las nociones específicas.

b) Hallarse más en la mente de las personas que en los objetos. Es decir, serían esquemas o modelos que las personas aplicamos a la realidad para interpretarla o asimilarla.

Es discutible que los esquemas operatorios formales enunciados por Inhelder y Piaget (1955) recojan todos y cada uno de los esquemas relevantes para comprender la ciencia. Sin embargo, un análisis del contenido de las teorías implícitas de los alumnos en diversos dominios científicos muestra que, en muchos casos, éstas se caracterizan por la dificultad de superar algunas dificultades conceptuales que requerirían el uso de alguno o algunos esquemas operatorios formales, similares a los formulados por Piaget, cuando no idénticos. Por ello, puede tener un cierto valor heurístico, estudiar si en el paso de sus teorías personales implícitas a las teorías científicas, los alumnos deben aprender a utilizar ciertos esquemas generales en el análisis de las relaciones causales, sin los cuales la teoría científica no podrá ser correctamente comprendida.

Estos esquemas tienen una cierta generalidad, si bien, como los propios Inhelder y Piaget (1955) apuntaban, probablemente los sujetos deban aprender a aplicarlos en cada nuevo dominio.

El alumno persistirá en su concepción alternativa a menos que logre analizar la tarea mediante un esquema de relación causal más complejo, que tiene las características del pensamiento formal piagetiano.

1.2.6.-Cómo conocerlas

Hay diversas técnicas de investigación para conocer las ideas alternativas, aunque no todas son igual de factibles para su utilización en el aula, por su complejidad y el tiempo que precisa su ejecución. Teniendo en cuenta que lo que queremos es conocer lo que sabe el alumno sobre un determinado concepto, antes de empezar las actividades de enseñanza-aprendizaje nos referiremos solamente a aquellas técnicas factibles de utilización en el aula y las consideraremos como unas actividades de aprendizaje iniciales. Estas actividades no se tienen que

confundir con las pruebas de nivel que realizan algunos profesores al iniciar el curso.

Las técnicas más utilizadas para el conocimiento de las preconcepciones son las siguientes:

✓ **El coloquio**. Es tal vez el más fácil de utilizar en clase y muy efectivo. Los coloquios se pueden realizar con toda la clase o en pequeño grupo (cuatro o cinco alumnos). Es importante que la discusión se lleve a cabo en un ambiente libre, siendo importante el papel del profesor como animador, sin emitir juicios y animando a los alumnos a opinar.

✓ **El torbellino de ideas**. Es una técnica igual de efectiva que la anterior, pero con la ventaja de que permite saber un gran número de ideas en muy poco tiempo. Se plantea una o más preguntas al empezar el tema.

✓ **Posters.** Es importante tener constancia de las respuestas que dan los alumnos para que una vez finalizadas las actividades encaminadas al aprendizaje del concepto, podamos comparar si las ideas han cambiado. Una solución es la utilización de posters en los que se escriben o dibujan las diferentes respuestas. Los posters generalmente se realizan por grupos de cuatro a cinco alumnos.

✓ **Dibujos.** En determinados temas de la Física una de las técnicas más recomendada es la libre expresión de los alumnos mediante dibujos.

✓ **Cuestionarios**. Otra manera de detectar las preconcepciones en clase es mediante cuestionarios. Esta técnica tiene la ventaja de que se conocen las ideas a título individual y que, por tanto, se consiguen un gran número de respuestas. Las que consumen menos tiempo y por tanto las más adecuadas, son las preguntas cerradas. Son de este tipo las cuestiones:

→ De elección múltiple, en las que se da a los alumnos un enunciado o una representación gráfica o simbólica y se les pide que elijan entre varias respuestas prefijadas.

→ Las de emparejamiento.

→ Las de verdadero y falso.

✓ **Mapas conceptuales**. (Novak, 1988). Es una de las técnicas que sirve no solamente para detectar las ideas previas de los alumnos, sino que tiene otras muchas utilidades. La gran desventaja consiste en que para su realización se necesita un período de aprendizaje por parte de quien va a confeccionar los mapas.

1.2.7.-Cómo cambian.

Numerosos estudios muestran que los alumnos persisten en sus ideas tras años de instrucción. Este dato, aparentemente contradictorio con las evaluaciones que a menudo se hacen, podría deberse a que el conocimiento escolar o académico es utilizado por los alumnos sólo en situaciones académicas mientras que para comprender el mundo que les rodea siguen utilizando su conocimiento personal.

Puede que los alumnos aprendan más de lo que las investigaciones recientes muestran. Tal vez adquieran conocimientos escolares que luego no son capaces de aplicar a situaciones más cotidianas, en las que suelen estar basadas esas investigaciones. Es como si en un mismo alumno coexistieran dos tipos distintos de conocimiento sobre un mismo fenómeno: el académico (más formal y científico) y el personal (informal, implícito pero bastante predictivo).

Entender el aprendizaje como un proceso de cambio conceptual (además de metodológico y actitudinal) supone vincular, explícita y deliberadamente, ambos tipos de conocimiento a través de técnicas y recursos didácticos. Se trataría de partir de los conocimientos de los alumnos para modificarlos mediante la presentación y el análisis de un conocimiento científico más elaborado y ello sólo será posible si ese conocimiento científico se presenta de modo que haga referencia al mundo cotidiano del alumno, que es donde se han originado sus conocimiento previos.

Así, el **cambio conceptual** no debe entenderse como un proceso de sustitución de unos conocimientos por otros, sino, más bien, como un proceso de evolución (que no es instantáneo sino que requiere tiempo) de las ideas de los alumnos, que debe apoyarse también en una restricción en el uso de las reglas de inferencia cotidiana en contextos científicos, además de un cambio estructural que haga posible el uso de esquemas causales y explicativos más complejos.

El aprendizaje significativo es siempre el producto de la interacción entre un conocimiento previo activado y una información nueva. Entre las condiciones necesarias para lograr ese aprendizaje (Pozo, 1989) un requisito esencial es disponer de técnicas y recursos que permitan activar los conocimientos previos de los alumnos para confrontarlos con la nueva información. Una de las asignaturas pendientes para que la propuesta constructivista sea viable es, precisamente, la elaboración de recursos eficaces para activar, evaluar y modificar los conocimientos previos de los alumnos en las distintas áreas que componen el currículo en la enseñanza obligatoria.

1.2.8.-Qué estrategias pueden seguirse para lograr el cambio conceptual.

Hemos visto que los alumnos llegan a la instrucción con unas ideas alternativas, que éstas tienen unas características, una de las cuales es que son muy persistentes, incluso después de la instrucción, y hemos hecho un pequeño análisis de las que creemos pueden ser sus causas.

Conocer las ideas previas de los alumnos es el punto de partida necesario, y diseñar la instrucción para que estas ideas se desarrollen y se cambien por las científicamente aceptadas, es el trabajo del profesor. Este cambio es lo que se denomina cambio conceptual.

De acuerdo con Posner (1982), para promover el cambio conceptual es necesario que exista:

- ✓ Insatisfacción por parte del alumno respecto a las concepciones existentes.
- ✓ Explicitación por parte del alumno de sus ideas.
- ✓ Una alternativa inteligible que permita una nueva estructuración del conocimiento.
- ✓ Una alternativa que encaje con otros conocimientos del alumno.

Hewson (1981) señala que en muchos casos las ideas de los estudiantes no son cambiadas, sino que evolucionan o se amplían a lo largo de la escolarización hasta llegar a ser coherentes con la Ciencia escolar. Por esta razón, Hewson propone ampliar el modelo de cambio conceptual en el caso de que la idea alternativa y la nueva no sean irreconciliables.

Por tanto, el aprendizaje significativo partiendo de las ideas de los estudiantes puede producirse de varias formas:

- ✓ Por medio de estrategias que Hewson llama de intercambio, si las ideas alternativas y las nuevas son irreconciliables.
- ✓ Por medio de estrategias de integración, es decir, mediante la ampliación y la diferenciación de las ideas previas. Esto supone una reconciliación entre la idea antigua, bien integrándolas ambas o incluyendo la primera en la segunda.
- ✓ Para Hewson (1989), el modelo de aprendizaje como cambio conceptual pretende incluir tanto la integración como la modificación sustancial de las ideas (intercambio).

Hay varios enfoques curriculares (dentro del enfoque constructivista) que pretenden el cambio conceptual de los alumnos como el LISP (Learning in Science Project), desarrollado en Nueva Zelanda bajo la dirección de Osborne y Freyberg; el CLIS (Children Learning in Science) dirigido por Driver.

Es interesante constatar que proyectos aparecidos hace ya algunos años, como por ejemplo el SCIS (Science Currículum Improvement,USA,1977), que también proponían un ciclo sistemático para el aprendizaje de los conceptos, han modificado la secuencia de aprendizaje para incorporar las ideas básicas del modelo constructivista.