

## Aprendizaje de conceptos en ciencias básicas: química y física

*Lic. Wilken Rodríguez Escobar\**,  
*Lic. Yanila Zamora Fernández\*\**



Los humanos están en constante y progresiva formación de conceptos, evidenciados actualmente por el auge rápido y continuo de nuestra sociedad y por las diferentes técnicas de industrialización desarrolladas en los últimos años.

Debido al ámbito en el que se desenvuelven los estudiantes, en constante aprendizaje, se ve la necesidad de apropiarse de diferentes conceptos claves para la construcción de su discurso químico o físico. Sin embargo en el mundo en que viven se ven influenciados por muchos factores externos, de los cuales se crean concepciones diferentes de acuerdo a lo percibido.

\* Licenciado en Física, Universidad Distrital. Especialista Adm. Financiera, EAN. Especialización en Gerencia de Tecnología, EAN. Diplomado en Docencia Universitaria, U.M.N.G. Docente de la Especialización en Informática Industrial, Universidad Javeriana. Docente T.C. Programa de Ingeniería Mecatrónica - Facultad de Ingeniería - Universidad Militar «Nueva Granada».

\*\* Licenciado en Química, Universidad Pedagógica Nacional. Docente Programa de Ingeniería Industrial - Facultad de Ingeniería - Universidad San José.

Como puede deducirse, cada individuo percibe el mundo que lo rodea de manera distinta, de ahí la necesidad de contextualizar los conceptos y diseñar una estrategia para adquirirlos, para aproximarse a la comunidad, en especial a la comunidad científica.

Cada quien, por consiguiente no podría sobrevivir sin categorizar el mundo, porque cada hecho, cada estímulo, sería completamente nuevo para él, sería según Bruner, Goodnow y Austin (1956), "esclavo de lo particular".



Como todo lo que le rodea hace parte de un concepto, se podría sintetizar que estos

sirven básica y sustancialmente para:

1. Reducir la complejidad del entorno.
2. Identificar los objetos y sucesos que hay en el mundo.
3. Reducir la necesidad de un aprendizaje constante.
4. Proporcionar direccionalidad a la actividad instrumental.
5. Ordenar y relacionar clases de hechos.

Todo esto conlleva a que dichos conceptos cumplan dos funciones esenciales: por un lado proporcionen una *organización* al mundo del cual forman parte y del cual retoman todo lo que hace posible la estructuración de muchos de los conceptos existentes para explicar fenómenos, procesos

y hechos que se originan, especialmente, en la química y física como tal, y en consecuencia la evolución de conceptos nuevos a partir de conceptos previamente aceptados por una comunidad.

Por otra parte, fuera de la organización, poseen una función de *predicción* dentro de la cual, a partir del concepto, se muestra su participación dentro del mundo científico, de acuerdo al propio significado característico de cada uno de ellos y al mundo en el que se desenvuelve dicho significado, que como se ve es único e irrepetible para todos los conceptos.

Además de estas funciones, existen rasgos que identifican a los conceptos y son los relacionados con la propia definición, dentro de la cual se hace alusión entre *referencia* que son los hechos y objetos del mundo y el *sentido* que viene estipulado por la correlación de estos conceptos con otros ya existentes.

De tal modo que, un concepto tiene varios atributos necesarios y suficientes, pero igualmente, con un significado y sentido para ser descrito como tal y por consiguiente, se diferencia uno de otro por la selección de dichas particularidades, que no son comunes para todos.

Sin embargo, se comparte la posición de autores, como Bolton (1977), Bruner (1991), Goodnow y Austin (1956), quienes consideran que los objetos son "invenciones" útiles que no están en la realidad, es decir, si los conceptos son inventados, se construyen por procesos complejos; por



reestructuración de conceptos previos en la mente del sujeto.

Tovar (1991) muestra que el aprendizaje significativo se da por la teoría de asimilación, y que tiene como punto de partida los conoci-

cimientos previos de los alumnos, en donde se considera el aprendizaje como un proceso en el cual los conceptos se van diferenciando progresivamente adquiriendo nuevos significados; es una metodología que logra progresos notables en el aprendizaje significativo de conceptos químicos. De tal forma, la teoría de la asimilación está directamente correlacionada con la teoría de la acomodación; básicamente ésta tiene por objeto explicar, no solo como conocemos el mundo en un momento dado, sino también como cambia nuestro conocimiento sobre el mundo.

Por consiguiente, la asimilación es la integración de elementos propios del medio en el que el ser humano se desenvuelve, de todas las concepciones o estructuras en evolución ya terminadas del organismo, en función de todo lo que se adquiere del medio y que se encuentra disponible en el entorno. El mundo carece de significados propios, es el ser humano quien le proyecta sus propios significados de acuerdo con su realidad.

Koffka afirma, "que vemos las cosas no como son sino como somos nosotros", es

decir, se asimilan las inconsistentes formas del mundo a las ideas propias. Así, se reconoce adaptando las cosas a la forma y el conocimiento de los propios conceptos. Por otro lado, si únicamente existiera la asimilación, gran parte de nuestros conocimientos serían equívocos e imperersistentes, por esto aparece la teoría de la acomodación, dentro de la cual los conceptos e ideas se acoplan entre sí a las correspondientes características vagas pero reales del mundo. Es decir, se apropian dichos conceptos asimilados en la mente; estructuras o elementos ya existentes para modificar e intensificar los ya elaborados en el yo, además de provocar una nueva asimilación o reinterpretación de los conceptos anteriores.

Como se ve, es necesario un equilibrio entre ambos procesos, de esta manera se evidenciarán menos errores y fracasos producidos por dicha asimilación. A partir de estos dos procesos y del adecuado manejo que se tenga de ambos, puede surgir en el ser humano el aprendizaje o la respectiva formación de los conceptos.

Es importante mencionar que dicho aprendizaje es significativo en la medida en que pueda incorporarse a las estructuras de conocimiento que posee el individuo, es decir, cuando el nuevo material adquiere significado para el sujeto, a partir de su relación con sus conocimientos previos.



Es necesario resaltar en qué consiste el aprendizaje significativo, Ausubel (1976), para comprender desde éste punto de vista la formación y la estructura de los conceptos científicos que hacen parte de nuestro problema. Dicho aprendizaje implica:

1. Incorporación sustantiva, no arbitraria y no verbalista de nuevos conocimientos en la estructura cognitiva.
2. Esfuerzo deliberado por relacionar los nuevos conocimientos con conceptos de nivel superior, más inclusivos, ya existentes en la estructura cognitiva.
3. Aprendizaje relacionado con experiencias, con hechos u objetos.
4. Implicación afectiva para relacionar los nuevos conocimientos con aprendizajes anteriores.

El aprendizaje significativo se lleva a cabo bajo dos condiciones esenciales: Primero, en cuanto al material que debe ser aprendido, es preciso que posea significado en sí mismo, para esto este material debe estar compuesto por elementos organizados en una estructura; segundo, en cuanto al sujeto que debe aprenderlo, es necesaria una predisposición para el aprendizaje significativo.

La comprensión requiere cierto esfuerzo en particular y si este aprendiz no quiere esforzarse en relacionar los conceptos, sino por el contrario se limita a repetir el material, conlleva a no visualizar dicho aprendizaje significativo.



De toda la bibliografía utilizada para la elaboración del presente artículo, Ausubel (1996) define los conceptos como «objetos, eventos, situaciones o propiedades que poseen atributos de criterio comunes y que se designan mediante algún símbolo o signo». Por lo tanto, para este autor, los conceptos son claramente una estructura lógica. Según su teoría, existen dos formas de aprender los conceptos. Habría un proceso de formación de conceptos consistente en una abstracción inductiva a partir de experiencias empíricas concretas, esto hace referencia a la propia elaboración del concepto a partir de lo que el individuo puede tomar del entorno y de acuerdo a todo lo observable sintetizar las experiencias en la elaboración de sus propios conceptos.

De este modo, la formación de dichos conceptos sería un proceso de descubrimiento que incluiría procesos de diferenciación, generalización, familiarización y comprobación de hipótesis. Esta sería, según Ausubel, la forma de adquirir conceptos durante la niñez; en la adolescencia y en la edad adulta los conceptos están estructurados de acuerdo a la teoría de la asimilación descrita anteriormente.

Como conclusión, y en resumen, para Ausubel el aprendizaje de conceptos procede fundamentalmente de lo general a lo específico. Ahora sí, ¿en qué consiste la formación de conceptos en física y química? Pues bien, en la historia de la ciencia, los nuevos conceptos surgen generalmente por integración de otros más simples y por procesos de diferen-

ciación. Lo realmente nuevo de una teoría suele ser la reorganización de ideas ya elaboradas en otras teorías anteriores, de tal manera que todas ellas adquieran un nuevo significado de acuerdo con los principios del aprendizaje por reestructuración.

Como puede darse cuenta, lo que ocurre básicamente en dicha formación de conceptos es un cambio conceptual debido a las diferentes percepciones que se tienen y se obtienen del medio. Todo esto conduce a citar un ejemplo en cuanto a la reestructuración mencionada. En un caso particular, el sujeto, había creado un significado para conceptos diferentes haciendo referencia a lo que es peso y masa, estos conceptos significaban lo mismo para el sujeto, pero a través de procesos de asimilación y acomodación, reestructuró dichos significados y provocó en él ese cambio conceptual dentro del cual se produjo una reorganización de ideas clarificando la esencia de cada uno de ellos como conceptos distintos.



Se hace necesario infundir en los alumnos e incentivarlos a que dicho aprendizaje de conceptos, especialmente en química y física, se dé de forma estructurada y de forma significativa; en el sentido que ellos como alumnos formen esos conceptos, impartiendo situaciones de análisis y de criterio, para que de esta manera en su mente lleven a cabo una

estructuración nueva en la que identifiquen la formación de conceptos a partir de otros más simples. Por ejemplo, de una mufla deducir, de acuerdo a lo observado dentro de ella, el concepto de calcinación, de una probeta el concepto de medición de volúmenes y otros ejemplos similares.

De este modo se puede extender y precisar el sistema conceptual, introduciendo conceptos más precisos y de mayor alcance que los del lenguaje ordinario; conceptos científicos que nos permiten descubrir hechos y formular hipótesis con una precisión y universalidad crecientes. El progreso de la ciencia consiste en el cambio del sistema conceptual, en su ampliación o extensión o en su sustitución por otro, ahí radica todo lo que se ha mencionado hasta aquí.

La asombrosa variedad de los conceptos científicos se reduce fundamentalmente a tres tipos, según Jesús Mosterín (1978). Los conceptos clasificatorios, sirven para referirse a un grupo determinado de objetos o sucesos que tienen algo en común. Sin embargo, algunos de estos conceptos son demasiado superficiales para ser introducidos en el lenguaje científico, de ahí las necesidades de las comunidades científicas de introducir numerosos conceptos clasificatorios, nuevos y artificiales en el lenguaje científico. Los conceptos comparativos sirven para establecer comparaciones en más y menos. Además, son un gran paso para poder introducir los conceptos métricos ya que no sólo permiten diferenciar sino especificar una cantidad.

Un ejemplo citado en el texto de lectura aclara mucho mejor cómo involucrar dichos tipos de conceptos. El concepto de metal es un principio clasificatorio. Clasifica los elementos químicos en metales y no metales. La noción de metalidad implica la reformulación de un concepto comparativo, dentro del cual un elemento es muy metálico o nada metálico. Y el concepto métrico se observa en cuanto a que dichos elementos poseen esas características en un grado mayor que otros. Básicamente el ser clasificatorio, comparativo o métrico, no son propiedades de las cosas, sino de los conceptos que empleamos para pensar en las cosas y hablar de las cosas.

Por otro lado, la formación de conceptos en física involucra el mismo marco de referencia anterior; que el alumno desconozca la teoría que se va a enseñar en clase no quiere decir que no haya estado en contacto con los fenómenos que la teoría explica. Es más, si se trata de la física, antes de estudiar la teoría el alumno ya posee criterios descriptivos y explicativos de algunos fenómenos relacionados con ésta, pues, por su interacción con la fenomenología de la vida cotidiana, el alumno espontáneamente ha constituido una física también espontánea con anterioridad a la clase. Por brevedad nos referimos a tal construcción como pre-teoría. Así pues, en la clase y para el objeto de nuestro análisis, la situación se puede esquematizar de la siguiente manera: el maestro dentro de su concepción didáctica elige y plantea a sus alumnos una colección de fenómenos o situaciones (PROBLEMA). Ante' esta

circunstancia, pueden aparecer dos interpretaciones diferentes que proceden respectivamente de concepciones teóricas distintas:

1. La interpretación procedente de la pre-teoría (del alumno).
2. La interpretación procedente de la teoría (del maestro).

En general, para el alumno pueden darse las opciones siguientes:

1. Aceptación simultánea de las dos construcciones: la espontánea y teórica.
2. Primacía de la construcción espontánea, ya sea por no construcción de la teoría o por otras razones.
3. Reemplazo de la teoría espontánea por la teoría válida.

Vale la pena recalcar en este momento, que lo que se pretende no es conciliar la pre-teoría con la teoría sino reemplazar la pre-teoría por la teoría, y esto sólo es posible si se conoce de alguna manera la pre-teoría. Además conviene subrayar: Primero, es imposible una construcción teórica sin vínculos con lo cotidiano, con la experiencia; en otros casos debet de la for- rica, una pre-teoría. Segundo, aún cuando siempre existe pre-teoría, es posible distinguir de entre las posibles pre-teorías por



los menos dos tipos: aquellas muy ligadas a lo cotidiano inmediato (situaciones de primer tipo) y aquellas relativamente alejadas de la vida cotidiana por ser producto de tratamiento sistemático por el docente y de no observaciones desprevénidas por parte del alumno, (situaciones de segundo tipo).

A este respecto es importante anotar que los esquemas explicativos preteóricos (es decir, del saber común o del conocimiento espontáneo) en muchas oportunidades guardan una similitud estrecha con teorías ya abandonadas y cuyo abandono tuvo la mayoría de las veces más características de reemplazo que de conciliación. Luego, si de lo que se trata es de lograr una cultura científica teniendo conciencia de la existencia del saber común, sería ilustrativo considerar cómo se ha dado tal proceso en el caso del conocimiento colectivo.

Las situaciones que se pueden suscitar en el aula ante una presentación correcta de un problema, como se dijo antes, dependen de las características preteóricas y pueden ser de dos tipos, en una clasificación semejante a situaciones características que se han dado en el desarrollo científico: antes de la clase los fenómenos o bien eran interpretados en base a la preteoría (situación de primer tipo), o bien simplemente no se habían considerado por no formar parte de las experiencias cotidianas (situaciones de segundo tipo).

A nivel didáctico se presentan las dos opciones, y las circunstancias en que lo hacen son igualmente distintas. Como

ejemplos se pueden considerar las diferencias y los resultados del aprendizaje de la mecánica Newtoniana y del Electromagnetismo clásico:

- a. El electromagnetismo es más difícil de aprender por poseer mayor grado de abstracción. En otras palabras, los términos de la teoría electromagnética están más separados de la experiencia cotidiana que los términos de la teoría mecánica clásica. El vínculo o vínculos de la teoría con los observables es mucho más complejo que en la mecánica.
- b. Tradicionalmente, menos estudiantes logran una descripción correcta de los fenómenos electromagnéticos, que el número de quienes logran la descripción correcta de los fenómenos mecánicos; en otras palabras, son menos los que aprenden electromagnetismo que los que aprenden mecánica
- c. Recíprocamente, quienes aprenden electromagnetismo, lo aprenden bien en la mayoría de los casos, mientras que los que dicen haber aprendido mecánica en realidad no la entienden.

El caso del electromagnetismo ejemplifica situaciones del segundo tipo. Se trata de una teoría relacionada con fenómenos que no forman parte de la experiencia cotidiana. Parece ser que la teoría puede coexistir pacíficamente con las intuiciones inmediatas espontáneas o eliminarlas fácilmente ya que no poseen peso en la concepción espontánea que el alumno ha construido para convivir con el mundo que le rodea.

No sucede lo mismo con la mecánica (ejemplo de situaciones del primer tipo). En este caso, la teoría presenta descripciones y explicaciones de acontecimientos que ya eran explicados por la preteoría, no en la interpretación de los fenómenos planteados en el aula sino en la interpretación de fenómenos cotidianos y tal reemplazo no se da en la práctica. Parece ser que la teoría se aprende en clase para efectos de la clase, pero en la vida cotidiana se continúa utilizando la preteoría. Es decir, se da el caso de una aceptación simultánea (condicionada inconscientemente por el alumno) de las dos construcciones. Este resultado puede ser consecuencia del intento del maestro de poner la interpretación proveniente de la teoría sin tener en cuenta la preteoría, intento que choca con el obstáculo siguiente: en la explicación se utilizan significados precisos de la teoría, de una teoría que el alumno no ha formalizado aún y consecuentemente, el puente entre el lenguaje común y la teoría está enteramente en manos del alumno. Tendremos entonces un "saber teórico" interpretado por el saber común en vez quizás de un saber común, interpretado por la teoría.



Sintetizando, el problema ante el cual nos encontramos es que con anterioridad a la clase existe un error y que éste se constituye en una especie de impermeabilizante a la teoría que el maestro se propone enseñar.

En términos semejantes a como se caracteriza a la inferencia en la ciencia, podríamos caracterizar el objetivo de la clase así: "No se trata de que el alumno logre familiarización con nuevos fenómenos, sino que interprete los fenómenos familiares de una manera diferente". Pero, si deseamos una interpretación diferente de los fenómenos, es imprescindible conocer cómo es la interpretación que resulta de la preteoría.

Una alternativa que surge a partir de la discusión anterior es la necesidad de confrontar, en base a situaciones problema perfectamente definidas, el saber espontáneo con los fenómenos que éste pretende explicar. A esta confrontación la denominaremos en los que sigue, CONFLICTO. La situación que se propone es en realidad un conflicto para la preteoría; se trata de un intento de colocar en dificultades la teoría espontánea anterior a la clase, y también, de proponer indirectamente a través de su solución, opciones de interpretación más cercanas a la teoría.



Algunos metodólogos plantean el uso y el valor del conflicto como elemento motivador, fundamentalmente en el sentido de "sorprender" el sentido común. Además de la motivación, se pretende que como resultado del conflicto, nos aproximemos a la teoría, aunque no lo logremos completamente, pues es posible que exista



una etapa, o varias, entre la preteoría y la teoría, es decir, que entre las dos exista una preteoría evolucionada.

En general el conflicto es provocado por un problema o situación propuesta cuya interpretación se efectúa con base en la preteoría y se da cuando la interpretación se contrasta "observacionalmente". Así pues, las observaciones apuntan contra el elemento racional que las genera (conflicto), esto es, contra la preteoría, mientras que el experimento (en particular el experimento mental) apunta hacia la teoría, o hacia la preteoría evolucionada.

Tal vez de una manera esquemática, pero también en cierta medida por claridad, podríamos imaginarnos la situación que estamos planteando de la siguiente manera: la preteoría (espontánea e inconsciente) es el patrón mediante el cual el individuo procesa las informaciones provenientes de su medio. En la medida en que estas informaciones son interpretadas satisfactoriamente, sin constituirse en problemas para la preteoría, ésta se afianza. Ahora bien, cuando no es posible la interpretación de la información en base a la preteoría, se presenta el conflicto. Este conflicto debe ser aprovechado mediante una planeación adecuada de la situación, no solamente para desequilibrar la preteoría, sino para sentar las bases que permitan al estudiante avanzar hacia otro nivel preteórico.

En términos de los mecanismos mentales propuestos por J. Piaget, diríamos que, mientras todas las vivencias cotidianas (no

analizadas) tienden a reforzar la concepción teórica espontánea, en un proceso análogo a la asimilación, solamente situaciones planeadas cuidadosamente para provocar conflictos a tal concepción espontánea, pueden orientar al individuo hasta concepciones nuevas en un proceso similar a la acomodación.

A manera de conclusión es indispensable preparar situaciones que susciten el diálogo y la verbalización consciente; esto es, la formulación de presunciones y expectativas ante situaciones problema. Muchas veces la sola exteriorización de tales asunciones deja ver la no fundamentación de la posición adoptada. Por lo mismo, es también importante la discusión entre "iguales" (condiscípulos) frente a situaciones problema; de ellas surge con mayor frecuencia la consciencia respecto a la debilidad de las argumentaciones.

## Bibliografía

1. MOSTERIN, Jesús. *La estructura de los conceptos científicos*. Investigación y Ciencia. No. 16. 1978.
2. POZO, Ignacio. *Teorías cognitivas del aprendizaje*.
3. YAÑEZ, Castañeda Margarita. *Análisis del aprendizaje de conceptos*.
4. CASTILLO, M.E. *Esquemas conceptuales que poseen los alumnos en relación con*

- enlace químico*. Tesis de maestría. Depto. de Química. U.P.N. 1995.
5. AUSUBEL, D. *Psicología Educativa. Un punto de vista cognitivo*. Ed. Trillas. México. 1976.
  6. EDUCACION Y CIENCIA. *Revista Naturaleza*. Número 0. Nov. 1981.
  7. AGASSI, J. *Problemes generals d'histoire des sciences epistemologie*. París. 1968.
  8. RUSSELL, Hanson. *Patrones de Descubrimiento*. Observación y explicación. 1976.
  9. PIAGET, J. *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. 1972.