



EVALUACIÓN DE RECONOCIMIENTO DE ESTRUCTURAS LÓGICAS DE CIENCIAS EN LA ESCUELA SECUNDARIA

Sergio R. Torres Ochoa

storres@umich.mx

Gustavo Medina Miravete

gmmex@yahoo.com.mx

RESUMEN

Investigación apoyada por SEP/SEB-CONACYT, cuya finalidad principal fue evaluar la capacidad de reconocimiento lógico de estructuras gramaticales, proposicionales, sobre conceptos fundamentales de Física, Química y Biología en estudiantes de la escuela secundaria en México. Se parte de la idea de que el reconocimiento lógico es un mecanismo que permite evaluar la capacidad cognitiva; esto es factible si se compara dicha capacidad entre el inicio y el final de un proceso docente escolarizado. Es importante señalar que el planteamiento adquiere validez principalmente en procesos formativos que refieren a conceptos científicos. Metodológicamente el estudio se concentró en una muestra representativa de estudiantes de secundarias, urbanas y rurales, del estado de Michoacán. Se aplicó un instrumento de valoración cognitiva, elaborado ex profeso, al inicio del período escolar, en calidad de pre-prueba. Se volvió a aplicar al final del ciclo, en calidad de post-prueba. Se compararon estadísticamente los resultados y se ubicaron conceptos que no sufrieron modificación en cuanto a reconocimiento lógico; otros conceptos sí mostraron evidencias de cambio significativo, entre antes y después de la intervención docente. Otra parte del estudio no se consigna en esta ponencia y se refiere a evaluación cualitativa y trabajo con profesores en activo.

Palabras clave: conocimiento científico, escuela secundaria, reconocimiento lógico, evaluación, cognoscitivismo.



Justificación y problema de investigación

Se parte aquí de la importancia que reviste el estudio sistemático de las consecuencias más visibles de la intervención docente en la escuela Secundaria. Particularmente las actividades de comprensión de las ciencias naturales son eje estructurador de procesos cognitivos precursores de una formación básica en los sujetos. El manejo de conceptos básicos de las ciencias es una plataforma de análisis y evaluación de actividades cognoscitivas concretas desarrolladas en el aula. Estos conceptos conforman un bagaje de información indispensable en formación futura y el desarrollo de actividades laborales o profesionales donde la ciencia, cada vez, adquiere especial relevancia. Indagar sobre la capacidad cognitiva de estudiantes de secundaria en función de las ciencias que allí se abordan (Física, Química, Biología) es un formato con sustento teórico suficiente actualmente. De ahí pueden derivar varios cuestionamientos pero el que aquí ocupa se refiere a: ¿Hay cambio cognitivo relevante en cuanto a comprensión de ciencia en la escuela secundaria? El mecanismo propicio que se tomó fue la valoración de reconocimiento de estructuras lógicas en el discurso diferenciado entre inicio y final del ciclo escolar.

Fundamentación teórica

La importancia de aproximación sistemática a la comprensión de ciencia en alumnos de secundaria radica en que en este nivel se consolida la etapa de las operaciones formales, trasponiendo las agrupaciones concretas hasta un nuevo plano del pensamiento. La comprensión de núcleos conceptuales básicos de ciencia posee especial dificultad. El principal problema es la existencia de fuertes concepciones alternativas que resultan muy difíciles de modificar y que en algunos casos sobreviven a largos años de instrucción científica. Una persona adquiere un concepto cuando es capaz de dotar de significado a un material o una información que se le presenta, “comprendiéndolo”. Los conceptos se aprenden relacionándolos con los conocimientos previos que se poseen. Pueden entenderse a diferentes niveles, caracterizados por los matices cualitativos, por lo tanto es necesario plantear actividades diferenciadas para enseñar hechos y conceptos, así como, diferenciar en la evaluación cuándo el alumno ha aprendido algo como un hecho y cuándo como un concepto. La resistencia de los conocimientos previos a



modificarse como consecuencia de la instrucción, y la tendencia a asimilar los aprendizajes escolares a las propias intuiciones han sido objeto de numerosas investigaciones dentro de la didáctica de las ciencias y constituyen sin duda el enfoque de estudio actualmente predominante. El interés se ha desplazado desde las condiciones y procesos del aprendizaje significativo a la naturaleza y contenidos de esos conocimientos previos y la forma en que pueden ser cambiados. El aprendizaje significativo ha dado paso al estudio del cambio conceptual, entendido como el cambio de esos conocimientos previos de los alumnos. (Pozo y Gómez, 1998: 84-94).

Ya que la comprensión de la ciencia y la cultura científica son relevantemente promovidas dentro de la escuela, es factible considerar que: "La principal finalidad educativa de la enseñanza de las ciencias será la de contribuir a una formación democrática y la alfabetización científica deberá girar en torno a esta formación" (Acevedo, 2004: 8). Por otro lado, Tormöhlen, Auth y Auler (2008: 3) señalan que "El desenvolvimiento de conceptos cotidianos y científicos son procesos íntimamente interligados, que ejercen influencia unos sobre otros, posibilitando que surjan nuevos niveles de desenvolvimiento". Adicionalmente, el significado de la construcción de la ciencia es el basamento de una cultura donde resalta el carácter lógico de la estructura del conocimiento científico expresado a partir de conceptos: "Los hechos no son dados directamente por el mundo como unidades de verdad, son contruidos a partir de observaciones cargadas de teoría. Percibimos al mundo a través de lentes conceptuales. Sólo cuando son reconocidos, los hechos pueden convertirse en problemas científicos" (Ruiz, 1996: 11). El pensamiento cotidiano se nutre de ideas previas que el común de la gente, particularmente los jóvenes, adquieren a través de las tecnologías de la información, constituyéndose hoy en la principal fuente de las ideas previas o preconociones. De esa forma es posible admitir que "Las ideas previas actúan como verdaderas teorías implícitas o concepciones alternativas a las teorías científicas establecidas en el currículo escolar y, por ello, constituyen un obstáculo epistemológico importante para el aprendizaje de la ciencia" (Vázquez y Manassero, 2007: 4).

Es posible aproximarse sistemáticamente a la problemática planteada como sugiere Guinovart (2011: 3-4): "...es imprescindible fomentar las acciones de apoyo a un sistema educativo que permita al ciudadano entender el mundo a través de los ojos de la ciencia, que le dé recursos para comprenderlo a través de la ciencia, sin ser un científico. No se trata de que todo el mundo deba estudiar asignaturas de ciencia de forma tradicional, sino que se deben encontrar formas creativas de desarrollar en los jóvenes la aplicación



del enfoque científico a los problemas". Por otro lado, no puede perderse de vista lo que señala Simon (1985), en palabras de Sánchez (2002: 7), cuando, refiriéndose a la complejidad de la problemática abordada, señala que un modelo de esta naturaleza siempre será de racionalidad limitada y que, aun y cuando la complejidad no pueda ser asimilada completamente, es factible incorporar mecanismos para superarla y aceptar lo "bueno" (escala de mecanismos que fijan niveles de aspiración) cuando lo "mejor" sea inalcanzable.

Objetivo y Metodología

Evaluar diferencialmente, en términos cuantitativos, la comprensión de la ciencia y de la cultura científica en estudiantes y profesores de secundaria en el estado de Michoacán.

El estudio se realizó iniciando con el diseño y posterior aplicación de un instrumento que cuenta con un segmento de reactivos de apreciación de reconocimiento de estructuras lógicas sobre el significado de la ciencia.

Cada concepto analizado dentro del instrumento se construyó con base en criterios de expertos (científicos) consultados y literatura especializada.

Para validar el instrumento, se tomó una muestra aleatoria de encuestas aplicadas a 12 escuelas secundaria. Se validaron por separado las áreas de biología, física y química. Para cada instrumento, los ítems fueron sometidos a un análisis de correlación múltiple de Spearman. Se eliminaron aquellos ítems con valores de correlación negativos y se generó un nuevo instrumento con ítems correlacionados positivamente. El instrumento fue validado mediante un análisis no paramétrico de ítems con la prueba de Kuder-Richardson (K-R) con el programa STATISTICA v. 7. Cada uno de los instrumentos tiene un coeficiente K-R de 0.7 que indica que en al menos 70% de los individuos a los que se aplicó la prueba se puede conocer su nivel de conocimientos científicos e interpretación de la cultura científica.

Posteriormente se aplicó el instrumento al conjunto de estudiantes de la muestra total, diferenciados por género, estratificados (por grado escolar) y agrupados (por tipo de escuela: rural/urbana): 360 estudiantes de secundaria en la aplicación a manera de pre-prueba (inicio de ciclo escolar) y 420 estudiantes en la



post-prueba (finalización de ciclo escolar). Tanto en pre-prueba como en post-prueba, el instrumento se aplicó aleatoriamente a 5 estudiantes de cada nivel escolar, entre escuelas urbanas y rurales del estado de Michoacán.

Cada reactivo o ítem posee 4 opciones que fueron agrupadas como: Correcta Consistente (CC); Correcta Inconsistente (IC); Falsa Consistente (FC) y Falsa (F). Evidentemente, solamente la CC posee características de evidencia de capacidad cognitiva, ya que reúnen características de coherencia: gramatical, lógica y epistemológica. Las otras 3 opciones son consideradas como concepciones alternativas. Las IC se consideran propias del sentido común y alejadas de referente epistemológico. Ya que desde el punto de vista científico todo concepto reúne propiedades de no contradicción, la carga lógica y epistemológica son indisolubles. Visto así, las estructuras discursivas CC son las únicas aceptadas como no alternativas. Un cambio cognitivo observado hacia IC da pauta para pensar en una labor docente efectiva pero que sugiere actividad lejana a fundamentos científicos: buena preparación o disposición docente y escasa formación o actualización científica.

El análisis de los resultados, media de valoración cognitiva para cada reactivo, se utilizó para valorar el grado de significancia estadística de comprensión de la ciencia en términos de reconocimiento de estructuras lógicas discursivas a manera de proposiciones.

Los grupos de la muestra se separaron entre niveles (Física, Química y Biología, respectivamente). Fuera de esta ponencia se hicieron análisis distribuidos por género y ubicación geográfica; es decir, aquí se presentan solamente resultados globales. Es importante señalar también que el estudio conlleva una fase cualitativa y otra dirigida a profesores, pero se consignan en la presente ponencia.

Resultados, discusión y conclusiones

Los principales resultados cuantitativos, separados por ciencia (Biología, Física y Química) muestran los siguientes datos significativos:

En la Gráfica 1 es posible señalar ocho reactivos (3, 9, 10, 11, 13, 14, 18 y 19) que, en CC, mostraron diferencias entre la pre-prueba y la post-prueba, para Biología. Esto es, estos cuatro reactivos pasaron de ser concepciones alternativas a concepciones científicas, al menos en lo que respecta a reconocimiento de estructuras lógicas, lo cual es indicativo de cambio cognitivo en el presente planteamiento.



La Gráfica 2 da cuenta del paso de cinco reactivos (2, 4, 13, 17 y 20), en Biología, de alternativos a IC. Esto es, puede ser atribuible a una labor docente intencionalmente efectiva pero alejada del conocimiento científico.

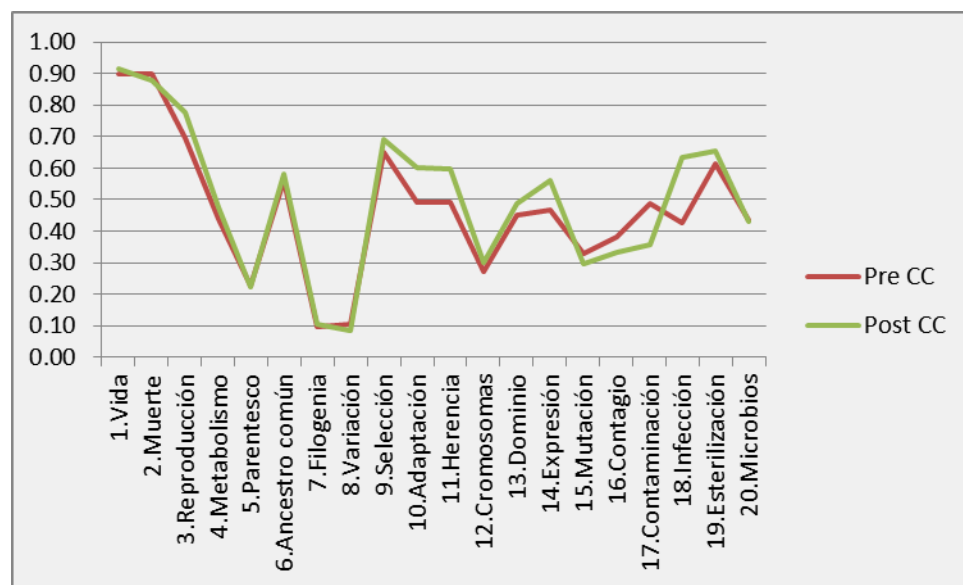
En la Gráfica 3 fue posible detectar doce reactivos (1, 3, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 21 y 23) que lograron pasar de alternativos a científicos (CC), en el caso de la Física.

La Gráfica 4 muestra aquellos reactivos (2, 4, 5, 8 y 20) que pasaron de alternativos a IC, en Física.

La Gráfica 5 muestra cuatro reactivos (2, 6, 11 y 13) que mostraron modificación hacia científicos, en Química (CC). Se aclara en este punto que la complejidad que implica estructurar conceptos de química obligó a que algunos reactivos solamente pudieran elaborarse opcionalmente como falsos o correctos. Esto es, dado el carácter abstracto de la Química que, difícilmente, tiene referentes empíricos cotidianos (sentido común), en algunos conceptos específicos no fue posible ubicar reactivos tipo IC.

En la Gráfica 6 se observan cinco reactivos (16, 17, 18, 19 y 20) que pasaron a IC, en Química.

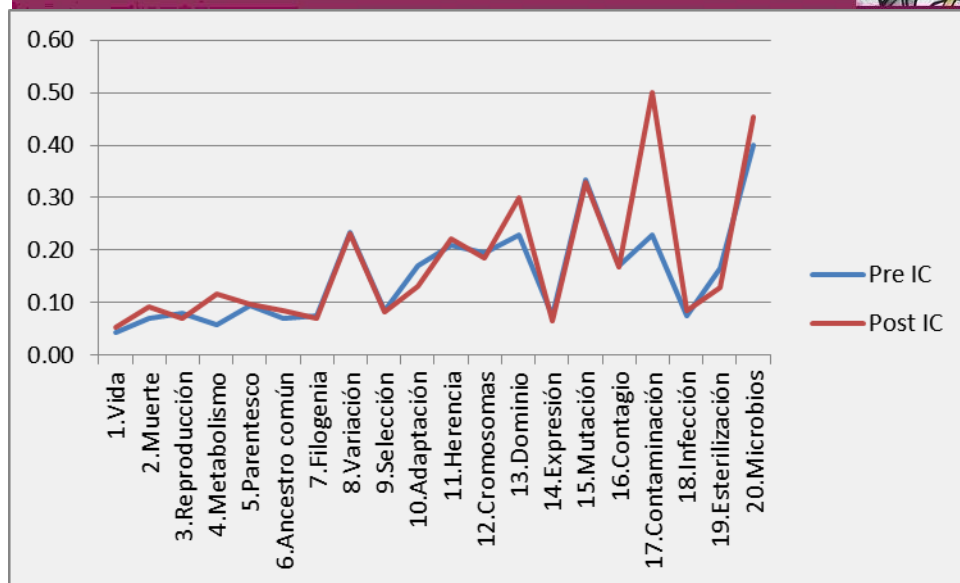
Gráfica 1: Resultados diferenciales de reactivos CC en pre-prueba y en post-prueba, para Biología.



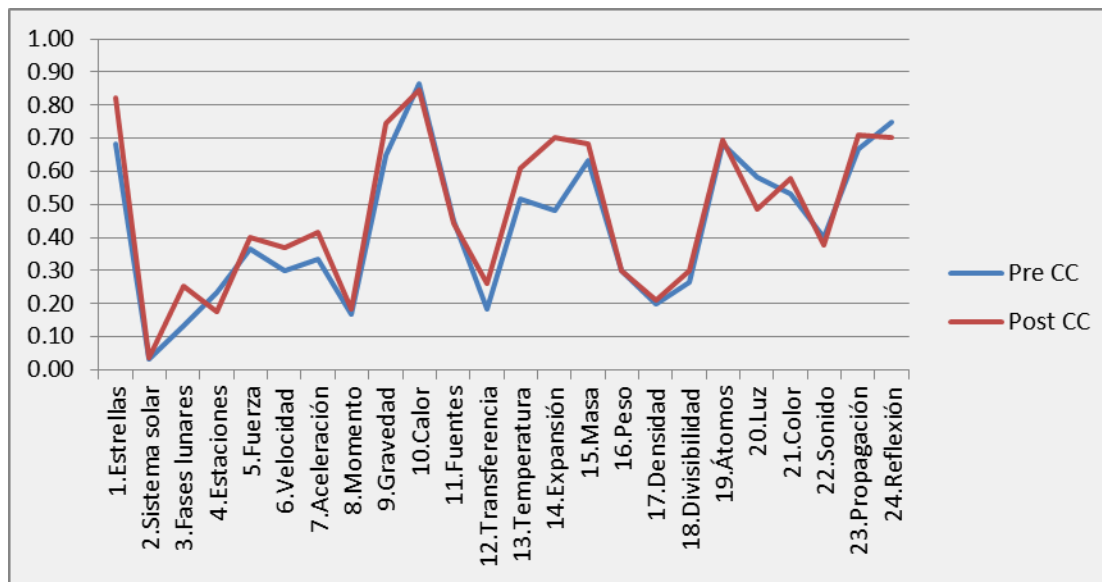
Gráfica 2: Resultados diferenciales de reactivos IC en pre-prueba y en post-prueba, para Biología.



EVALUACIÓN DEBATE 2014



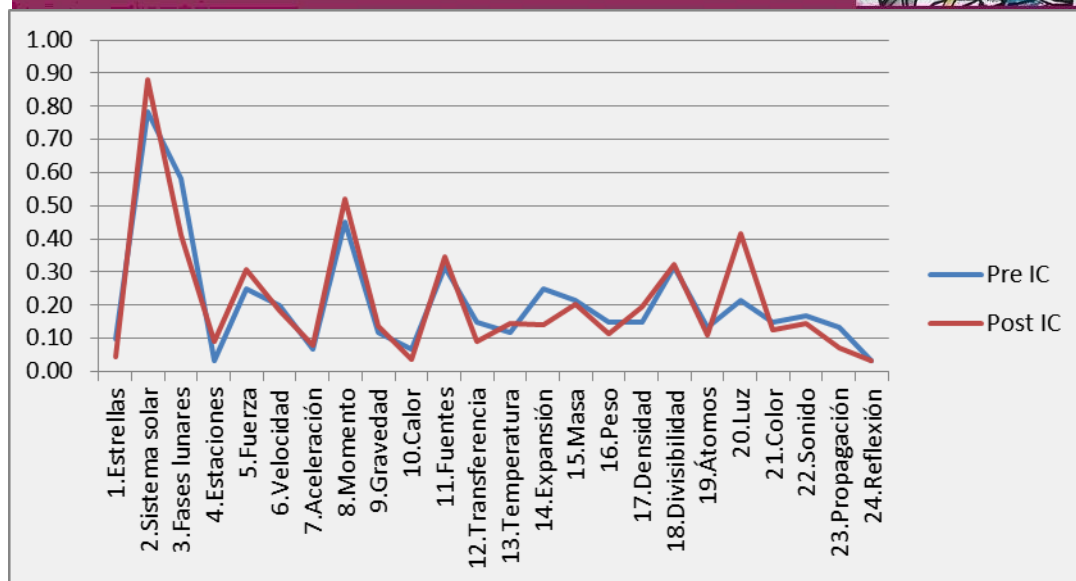
Gráfica 3: Resultados diferenciales de reactivos CC en pre-prueba y en post-prueba, para Física.



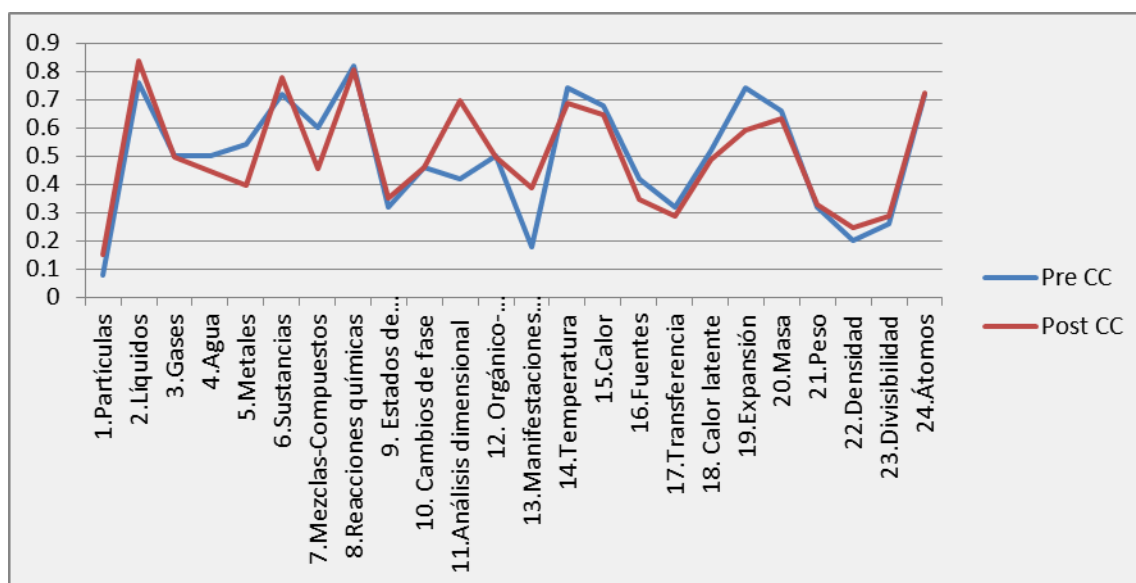
Gráfica 4: Resultados diferenciales de reactivos IC en pre-prueba y en post-prueba, para Física.



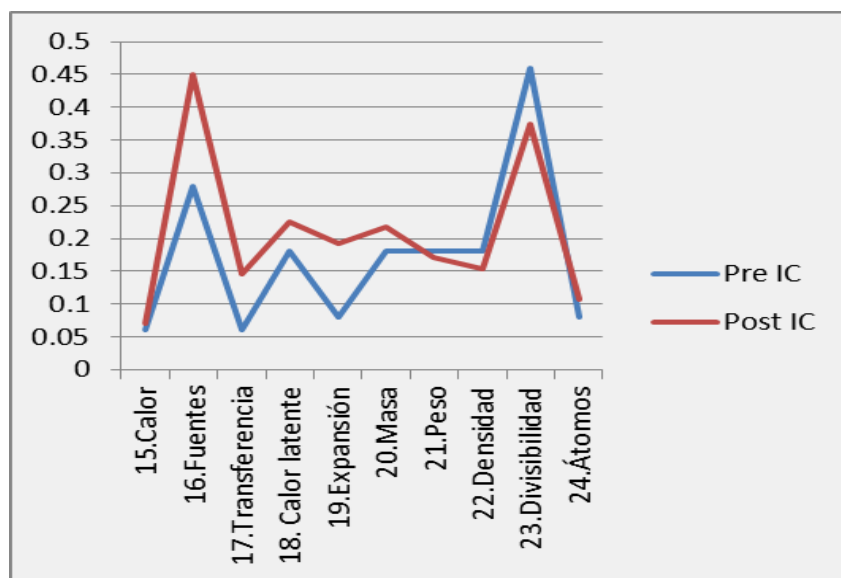
EVALUACIÓN DEBATE 2014



Gráfica 5: Resultados diferenciales de reactivos CC en pre-prueba y en post-prueba, para Química.



Gráfica 6: Resultados diferenciales de reactivos IC en pre-prueba y en post-prueba, para Química.



Lo señalado como relevante en cada una de las gráficas se puede interpretar de la siguiente manera: aquellos reactivos o ítems que mostraron diferencias entre pre-prueba y post-prueba, para los casos CC (consistente-correcto), muestran evidencias de que la intervención docente fue pertinente. Es decir, aquellos factores que juegan un papel decisivo en dicha intervención, como la actividad docente, la literatura utilizada y los conocimientos previos de los estudiantes, posibilitaron, en la muestra observada, que se modificará positivamente la capacidad de reconocimiento de estructuras lógicas entre el inicio y el final del ciclo escolar.

Estos reactivos corresponden a los siguientes conceptos fundamentales de Biología: reproducción de Fisiología; selección, adaptación de Evolución; herencia, dominio, expresión de Genética; infección y esterilización de Gérmenes.

Para Física: estrellas, fases lunares, de Astronomía; fuerza, velocidad, aceleración y gravedad de Mecánica; transferencia de calor, temperatura y expansión térmica de Termodinámica; masa de Materia; color y propagación, de Ondas.

Para Química: líquidos de Propiedades de los líquidos; sustancias de Generalidades; dimensiones de Análisis dimensional; manifestaciones de la energía de Energía.



Estos conceptos no tienen por qué presentar problemática pedagógica en la estructura curricular de la escuela secundaria, de manera general. Los docentes parecen poseer suficiente actualización científica en cuanto a estos conceptos, la literatura probablemente es adecuada y, puede decirse que, la información conceptual previa es suficientemente sólida en los estudiantes.

En cuanto a los reactivos IC (incosistente-correcto), muestran intencionalidad docente pero alejada de pertinencia científica: falta de actualización científica de los docentes, literatura insuficientes y, probablemente pobre información conceptual previa en los estudiantes. Es de recordarse que estos reactivos representan información conceptual errónea, desde el punto de vista científico, pero aparentemente correctos desde el sentido común. Es decir, no dejan de ser concepciones alternativas.

Los reactivos que se modificaron hacia IC están relacionados con los siguientes conceptos en Biología: muerte, metabolismo, dominio de Genética; contaminación y microbios de Gérmenes.

Para Física: sistema solar, estaciones de Astronomía; fuerza y momento de Mecánica; luz de Ondas.

Química: fuentes de calor, transferencia de calor, calor latente, expansión térmica de Calor; masa de Materia.

Estos conceptos (IC) representan dificultades en conocimientos previos por parte de los estudiantes y, probablemente, actualización docente deficiente en cuanto a los correspondientes conceptos científicos. De tal forma que la intervención docente fue efectiva en lograr modificación cognitiva, pero alejada de estructuras lógicas y epistemológicas. Con bastante probabilidad, también, habrá conocimiento previo, en los estudiantes, comprometido con el sentido común. Un mecanismo de ataque al problema es fortalecer las dinámicas de actualización docente, concentrando la atención en estos conceptos, de tal manera que los conocimientos que sean asimilados por los docentes puedan impactar la formación ulterior de sus propios estudiantes, es decir, que éstos puedan establecer relaciones significativas de orden cognitivo como para hablar de modificación en su comprensión de ciencia.

No está demás señalar que el conjunto de los otros reactivos, es decir, aquellos calificados simplemente como falsos, además de que no presentan evidencias de reconocimiento de estructuras lógicas –ni epistemológicas–, no mostraron en el estudio cambios significativos a partir de la intervención docente. Esto es, ni los estudiantes, ni los docentes, poseen un bagaje crítico de comprensión de ciencia específicamente en estos reactivos. Y esto implica insuficiencia en información previa de los estudiantes y que dificulta relacionar cognitivamente la nueva información consignada, en este caso, en el Plan de Estudios vigente.



Llamamos a estos conceptos refractarios y, sin duda, son el verdadero problema a enfrentar en la asimilación cognitiva de los estudiantes, pero también en la efectiva capacidad cognoscitiva de los propios docentes. El conjunto de estos conceptos refractarios constituye, en términos generales, alrededor del 50% de los conceptos aquí evaluados (excepto en Química donde llega al 80%). Sin ser un dato extremadamente negativo, como cabría esperarse, es una llamada de atención para la formación normal, en el caso de los profesores, y la subsecuente formación básica en los jóvenes estudiantes de la escuela Secundaria.

Referencias

Acevedo D. J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1 (1), 3-16.

Guinovart, J. J. (2011). ¿Cultura científica y ciudadanía?, en *Revista de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular*, 167, 3-4.

Pozo I. Y Gómez, A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

Ruiz G. R. (1996). La metodología científica y la enseñanza de la ciencia. En: Campos M. A. y R. Ruiz G. (1996). *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, UNAM: México.

Sánchez, M. (2002). La investigación sobre el desarrollo y la enseñanza de las habilidades de pensamiento. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4 (1). Consultado el 18 de marzo de 2014 en: <http://redie.uabc.mx/contenido/vol4no1/contenido-amestoy.pdf>

Tormölen G. S., Auth M. A. y Auler D. (2008). Contribuições de Freire e Vygotsky no contexto de propostas curriculares para a educação em ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 63-85. Consultado el 26 de abril de 2014 en: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART4_Vol7_N1.pdf



Vázquez A. y Manassero M. A. (2007). "Las actividades extraescolares relacionadas con la ciencia y la tecnología". *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 9(1). Consultado el 4 de marzo de 2014 en: <http://redie.uabc.mx/contenido/vol9no1/contenido-vazquez3.pdf>