

Estudios originales y rigurosos de interés general que involucren análisis, organización sistemática y reflexionada, explicación teórica y predicciones viables.

“Profesor, es que eso es lo que yo no entiendo” (Lo que entienden los alumnos sobre el concepto de “mecanismo de reacción”)

María Eugenia De la Chaussée y Armando Rugarcía*

Abstract. [*“Professor, I don’t understand this” (What do students understand about the “reaction mechanism” concept)*]

The teaching and learning of organic chemistry are not easy processes or simple tasks. Learning is not always the result of teaching and in order to learn it is necessary to understand. We can’t learn anything that hasn’t been understood. Teachers and students share the task of achieving the understanding of knowledge, but the students reach this objective with different degrees of easiness and velocity. Some students understand quickly and others have difficulty in following the teacher. In this research the results of one qualitative sociolinguistic research (Cazden, 1989) are presented, about how one group of students understand the concept of “reaction mechanism” in the interaction with one teacher. The theoretical perspective proposed by Lonergeran is used.

Introducción

En la realidad de la práctica educativa, ni la enseñanza ni el aprendizaje de la química orgánica son procesos ni tareas sencillas. El aprendizaje no siempre es resultado de la enseñanza y para aprender es necesario entender primero lo que se quiere aprender. No se puede aprender algo que no se ha entendido. Sin embargo, hasta ahora, no se ha asociado el entender con el aprendizaje.

Según Bruner (1989), cuando entendemos algo, somos capaces de ir más allá, podemos hacer y demostrar ciertas cosas con ese conocimiento.

Algunos profesores se proponen la tarea de lograr que los alumnos lleguen a entender ciertos contenidos, pero ellos lo logran con facilidad y rapidez variables. Algunos entienden antes de que la maestra termine y complete su exposición, otros

posteriormente después de reflexionar sobre el tema y unos más con dificultad logran seguirle. Muchos alumnos entienden sólo cuando exponen los temas a sus compañeros o al repasar la materia por su cuenta. Otros entienden días después, cuando se aborda un tema relacionado o cuando resuelven un examen.

Esta problemática se considera “normal” y generalmente se responsabiliza al alumno de ella, de entender. Sin embargo, hay muchas preguntas no resueltas sobre el acto de entender, por ejemplo ¿cuáles son las operaciones mentales del alumno que le propician entender?, ¿cómo llega un alumno a entender un concepto científico o una teoría?, ¿cómo sabemos cuando un alumno ha entendido algo?, ¿qué hacen en el aula profesores y alumnos para que logren entender conocimientos?

El objetivo de este reporte de investigación cualitativa es analizar qué es lo que entiende un grupo de alumnos de cuarto semestre, de una licenciatura en química, sobre el concepto de “mecanismo de reacción” en una sesión de laboratorio de Química Orgánica II. Para ello, se asume la perspectiva teórica de Lonergeran (1999) y se usa la metodología sociolingüística (Cazden, 1989).

Perspectiva teórico-metodológica

Vygotsky (1979) encontró que el aprendizaje ocurre dos veces. Primero en el plano interindividual (social) y, posteriormente, en el intraindividual cuando el alumno internaliza los conocimientos. Un aspecto central en su teoría se refiere al desarrollo de los conceptos científicos. Dice que la enseñanza es fundamental para la adquisición de los conceptos científicos pues éstos no se absorben como tales y que el aprendizaje escolar provee el tipo de experiencia cultural en la cual se desarrollan las funciones psicológicas superiores y un sistema de conceptos. Para Vygotsky (1995) el desarrollo de los conceptos o el del significado de las palabras presupone, a la vez, la evolución de muchas funciones: la atención deliberada, la memoria lógica, la abstracción, la habilidad para comparar y diferenciar.

Piaget (1967) concibe que los seres humanos sólo aprendemos aquello que somos capaces de construir

* Universidad Iberoamericana Puebla.

Correo electrónico: eugenia.delachaussee@iberopuebla.edu.mx y armando.rugarcia@iberopuebla.edu.mx

Recibido: 19 de mayo de 2006; aceptado: 9 de octubre de 2006.

mentalmente por nosotros mismos. Reconoce que existen procesos intelectuales compartidos por los humanos (funciones invariantes): la asimilación (incorporación de información), la acomodación (ajuste de las estructuras cognitivas a la luz de nueva información), la adaptación (equilibrio de asimilaciones y acomodaciones), y la organización (categorización, clasificación, seriación, inclusión, conservación, sistematización y coordinación de estructuras cognitivas). Dentro de las funciones invariantes también encuentra el interés, la percepción, los movimientos elementales, la memoria, el entendimiento, la explicación, la inteligencia práctica o sensorio-motriz, el pensamiento intuitivo, la inteligencia lógica y la deducción abstracta.

Para Perkins (1999) el entender es como un estado de capacitación pues es algo que puede mostrarse externamente. Las actividades de entendimiento para él son: la explicación (decir qué significa algo), la comparación, el contraste, la contextualización, la generalización, encontrar ejemplos, la aplicación y la justificación (ofrecimiento de pruebas o realizar experimentos para corroborar). Perkins (2003) defiende una visión del entendimiento vinculada con el desempeño por sobre los modelos mentales, pero pierde de vista que el entendimiento es interno y el desempeño externo y no siempre el sujeto, en su interior, ha entendido realmente.

Dewey (1925) señala que el aprendizaje intelectual incluye, ciertamente, la acumulación y la retención de información. Pero la información se transforma en una carga indigesta cuando no se le entiende y el entendimiento implica que se han aprehendido en sus relaciones mutuas las diversas partes de la información. Este resultado sólo se alcanza cuando la adquisición del conocimiento va acompañada por una constante reflexión acerca de lo que se estudia.

El entendimiento puede producirse para Nicker-son, Perkins y Smith (1994) a diferentes niveles; “una cosa es entender *cómo* llevar a cabo las diferentes fases de un proceso, y otra muy distinta entender *por qué* él funciona” (p. 29). Dicen que algunas cosas son más fáciles de entender que otras.

Para esta investigación se asume la teoría cognitiva de Lonergan (1999) por sus aportaciones sobre los procedimientos mentales, internos, del sujeto. Una operación mental es una acción interna que realiza conscientemente el alumno, el profesor o cualquier persona. Entre las operaciones se encuentran: ver, oír, tocar, oler, gustar, sentir, memorizar, recordar, imaginar, repetir, preguntar, entender,

concebir, formular, probar, verificar, reflexionar, juzgar. El alumno tiene la capacidad de darse cuenta de las operaciones mentales que lleva a cabo y cómo lo hace. Cuando el alumno utiliza conscientemente, recurrentemente y con destreza una operación mental ésta se convierte en habilidad.

Entender es una operación mental, interna, que realiza el alumno. Consiste en establecer relaciones entre los datos (conocimientos, hechos, información), vincularlos, conectarlos. Es más que memorizar, acumular o repetir datos. Es empezar a encontrar internamente significado a los datos. Las intelecciones (actos de entender) del alumno son continuas y se van haciendo más amplias, profundas y complejas (de datos concretos, leyes, conceptos, principios, teorías, metodologías).

Para entender es necesario transitar por dos niveles: el empírico y el inteligente. En el empírico se percibe, imagina, capta, pregunta, memoriza, acumula, copia, reproduce y repite datos. En el nivel inteligente se inquiere, establece conexiones entre datos, llega a entender, expresa lo entendido, elabora las presuposiciones e implicaciones de su expresión. El acto de entender depende de una orientación habitual para plantearse siempre algunas preguntas: ¿qué es eso?, ¿cómo es?, ¿cuáles son los datos y qué significan?, ¿qué relación existe entre los datos anteriores y los nuevos?, ¿cómo y por qué se relacionan?, ¿por qué este dato contradice o complementa o es diferente al otro?

Memorizar es una operación mental que consiste en hacer un esfuerzo por captar, acumular, repetir y recordar datos. Al evocar y recordar lo memoriza o, el alumno puede expresarlo externamente mediante la reproducción textual de un contenido. Los alumnos son capaces de memorizar, *sin entender*, conceptos, teorías y procedimientos complicados. Lo que se memoriza sin entenderse, tarde o temprano, se olvida. Estamos seguros de que un alumno no ha entendido si no nos contesta cuando le preguntamos qué es ese conocimiento, qué relaciones es necesario establecer para entenderlo, con qué se relaciona, si le pedimos que lo explique con sus propias palabras, que formule preguntas, un problema nuevo, que ponga un ejemplo o que invente algo con el mismo.

También es necesario precisar que no podríamos entender sin el apoyo de la memoria y el recuerdo. La memorización tiene su importancia, sin embargo, entender exige algo más.

Los procesos de entendimiento pueden investigarse interrogando directamente a los participantes

(pues entender es una operación interna) o indirectamente interpretando las interacciones en las que se manifiesta lo que se ha entendido. Para analizar qué entiende un grupo de alumnos sobre el concepto de mecanismo de reacción, se analiza un fragmento que a continuación se presenta, desde una perspectiva sociolingüística interpretativa (Cazden, 1989).

Desarrollo de la investigación

El extracto siguiente se tomó de una sesión de laboratorio de Química Orgánica II que se observó, grabó en audio y reconstruyó al realizar trabajo de campo en dos facultades de Química de universidades públicas mexicanas. Los alumnos observados cursaban el cuarto semestre de una licenciatura en química y tenían entre 20 y 21 años de edad. La sesión se llevó a cabo con la presencia de 15 alumnos, siendo la mayoría mujeres. El grupo iba a obtener en el laboratorio cloruro de *t*-butilo a partir de

alcohol *t*-butílico. Una semana antes el profesor solicitó a las alumnas formar equipos y preparar el seminario teórico previo a la práctica.

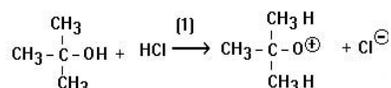
Es importante aclarar que el concepto de mecanismo de reacción, el mecanismo de sustitución nucleofílica unimolecular (similar al del alcohol que se revisa en esta sesión de laboratorio) y las reacciones de los halogenuros de alquilo forman parte del contenido del curso anterior de Química Orgánica I que ya habían cursado los alumnos del extracto; es decir, los conocimientos no eran totalmente nuevos para ellos.

Antes del extracto el profesor pide a un equipo exponer la reacción y el mecanismo. El equipo comenta que “no lo encontró”. Demanda a otro grupo lo mismo y le dicen que “no lo traen”. Les plantea que “la actitud pasiva no se vale, que no deben permanecer callados si hay dudas o propuestas”. Socorro, expresa: “Yo traigo una lámina” y le pide pasar al pizarrón.

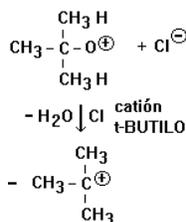
Extracto

“O sea, todo no le entiendo”

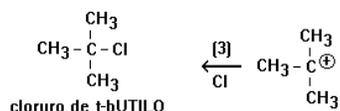
507 Socorro: En este esquema nos indica este... que
508 el alcohol se protona. Más el cloro (la alumna señala lo siguiente).



509 Después se le agrega agua y nos da el
510 catión *ter*butilo *ter*butilo (muestra otra secuencia).



511 Enseguida nos da el cloruro de
512 *ter*butilo, pero este... (la alumna señala más fórmulas).



- 513 Mo: Pregunta muchachos. Eso que está
514 planteando la compañera, ¿cómo se
515 denomina?, ¿mecanismo de reacción?,
516 ¿esquema de reacción?, ¿cómo?, ¿qué sería?
- 517 Hilda: Mecanismo de reacción.
- 518 Mo: Mecanismo de reacción.
- 519 A ver por favor Joaquín, léele lo que es
520 un mecanismo de reacción. Pero... por
521 favor, quítense
522 la flojera y oigan lo que va a decir de lo
523 que es
524 un mecanismo de reacción.
525 Posteriormente ustedes
526 me van a decir si efectivamente es un
527 mecanismo de
528 reacción eso (el profesor señala la lámina
529 con las fórmulas).
530 Pero, por favor escuchen, ¿sí?
- 531 Joaquín: Es el trayecto paso a paso desde los
532 reactivos
533 hasta los productos.
- 534 Mo: Hasta ahí nomás. Trayecto paso a paso
535 desde los
536 reactivos hasta los productos. ¿Hay esa
537 parte?
- 538 Hilda: Sí.
- 539 Mo: Sí, pues sí, ¿no?
- 540 Aa: Sí.

533	Mo:	¿Qué más?	625		claramente a dónde quería yo llegar, ¿sí?
534	Joaquín:	Dónde se muestra qué enlaces se rompen... donde se	626		¿Qué le faltaría ahí entonces, muchachos?
535		muestra qué enlaces se rompen.	627		Ahí a esa... a esa intención o a esa propuesta de
536	Mo:	Ajá.	628		mecanismo, a esa intención de mecanismo.
537		¿Ahí hay señalamiento de qué enlaces se rompen?			<i>Los alumnos guardan silencio.</i>
538	Socorro:	Sí.	629		Chéquenle...
539	Mo:	¿Sí?	630		¿Carga positiva a este... oxígeno?
540		A ver, aquí la compañera está diciendo que sí.			<i>El profesor señala el "O"</i>
541	Socorro:	Bueno, <i>(la alumna observa la lámina)</i> sí está ahí			
542		marcando el oxígeno que se está convirtiendo			$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \text{ H} \\ \quad \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{O}^{\oplus} \\ \\ \text{CH}_3 \text{ H} \end{array}$
543		este... que está perdiendo su electrón y se está			<i>Los alumnos guardan silencio.</i>
544		convirtiendo en positivo. De ahí entonces el cloro	631	Socorro:	Profesor es que eso es lo que yo no entiendo. Es
545		lo ataca.	632		que así lo encontré y es lo que le iba a
546	Mo:	Sí. Si tú ves en una película alguien que tiene	633		preguntar. O sea, todo no le entiendo.
547		dos brazos y de repente ves que nada más tiene	634	Mo:	¿Éste es?
548		uno, ¿te están señalando cómo se le está cayendo	635	Socorro:	Así está aquí en el... <i>(la alumna le muestra una página de un libro. El profesor observa el libro).</i>
549		el brazo?	636	Mo:	Cierto, aquí aparece igual.
550	Socorro:	No.	637		Eh... bueno, como justificación de esto <i>(el profesor señala la lámina)</i> está con esto.
551	Mo:	¿Ahí te está señalando cómo se está rompiendo el	638		Es la
552		enlace?	639		copia... tal cual está. El problema está en que
553	Socorro:	No.	640		éste no es un mecanismo ¿sí? Y por lo tanto...
554	Mo:	Entonces, no están señalando cómo se está	641		¿ustedes no han visto mecanismos de reacciones?
555		rompiendo el enlace.	642	Hilda:	No.
556		¿Qué más este... Joaquín?	643	Mo:	¿No?
...			644	Socorro:	Con oxígeno no.
623	Mo:	Y no llegamos a lo que pretendíamos llegar, no	645	Mo:	Por eso. ¿Han visto este tipo de reacción o no?
624		porque fuera difícil, sino que no entendí	646	Aos	No.

Véamos qué es un mecanismo de reacción, qué entienden sobre el concepto y qué pasó en la interacción entre el profesor y los alumnos.

El concepto de mecanismo de reacción es uno de los más útiles para el estudio de las reacciones de los compuestos orgánicos pues proporciona un mar-

co teórico en el cual se apoyan los experimentos. Ayuda a justificar el movimiento de los electrones enlazantes, a analizar cuáles enlaces se rompen y cuáles se forman y con ello, se facilita el entendimiento de la reacciones. El mecanismo según Carey (2006), Kotz, Treichl y Weaver (2005), McMurry

(2001) y Silberberg (1996) es la descripción general de la forma en que se realiza una reacción. En éste, se describe con detalle lo que sucede exactamente en cada etapa de una transformación química, cuáles enlaces se rompen y en qué orden, cuáles enlaces se forman y en qué orden, y cuáles son las velocidades relativas de las etapas. Para Umland y Bellama (2000) un mecanismo de reacción es una descripción paso a paso de los fenómenos que se llevan a cabo a nivel molecular a medida que las moléculas o iones que reaccionan se convierten en productos.

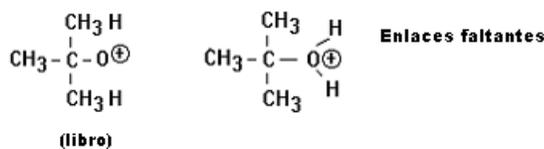
Socorro presenta una lámina con un esquema de reacción y explica dos veces lo que ella entiende del mismo (líneas 507 a 512 y 541 a 545). Ella identifica un alcohol, el cloro, el agua, el catión *t*-butilo y el cloruro de *t*-butilo. Entiende que el esquema representa un proceso de cambio de una sustancia en otras pues algo le pasa al alcohol porque dice “se protona” y queda cloro, después se le agrega agua y les da el catión *t*-butilo y después se produce el cloruro de *t*-butilo. Para Socorro explicar el mecanismo es decir qué le pasa a los átomos, cómo se convierten unas sustancias en otras, cómo se pierden los electrones y cómo otras sustancias atacan (como el cloro) (líneas 541 a 545). Con las preguntas, intervenciones e insistencia del profesor (líneas 537, 539, 548, 549, 551 y 552) se da cuenta que no había entendido completamente ni el concepto de mecanismo de reacción, ni todo lo que sucede entre las sustancias y que escribió en la lámina (línea 631 y 633).

Para el profesor lo característico de un mecanismo de reacción no es sólo que muestre el trayecto paso a paso desde los reactivos hasta los productos sino insiste varias veces que haya señalamiento de los enlaces que se rompen (líneas 536, 537, 551, 552, 554 y 555). El profesor hace mucho énfasis en la ruptura de enlaces y no en otros aspectos de los mecanismos tales como los enlaces que se forman, en la velocidad y el equilibrio de la reacción, en la molecularidad, en la estabilidad del carbocatión terciario o en el papel que juegan el grupo saliente y la concentración del nucleófilo, o en el hecho de que los mecanismos explican lo que sucede entre las sustancias de acuerdo con los experimentos de cinética química.

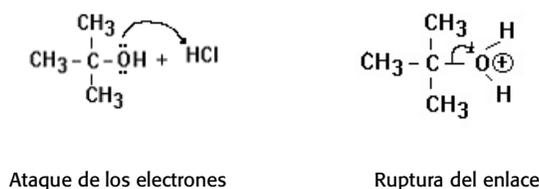
Parece que los alumnos no se dan cuenta de qué es lo que el profesor quiere decir concretamente pues no les aclara o les señala los errores del libro ni les explica el concepto de mecanismo de reacción ni la reacción del alcohol. Entienden que eso no es lo que quiere el profesor pero no entienden exactamente

qué quiere o qué es lo que está mal en el esquema o en lo que están expresando.

En el libro que consultó Socorro, se señalan algunos enlaces en las fórmulas (líneas 508, 510, 512, 630) pero faltan las líneas que representan los enlaces entre el oxígeno y los hidrógenos (ver Wade, 1993):



El libro tampoco indica qué enlaces se rompen o se forman y cómo es que sucede el ataque de los electrones o la ruptura de los enlaces:



Usan explícitamente tres veces algo relacionado con el término entender (“no entendí claramente a dónde quería yo llegar”, “eso es lo que yo no entiendo”, “o sea, todo no le entiendo), dos veces Socorro en las líneas 631 y 633, y una vez el profesor (líneas 624 y 625).

Como se muestra en el fragmento y en otros reportes (De la Chaussée, 2000 y De la Chaussée y Candela, 2000), las analogías entre significados cotidianos compartidos y significados científicos juegan un papel importante y significativo en el entendimiento de los significados químicos. El profesor formula una analogía para explicar qué significa mostrar qué enlaces se rompen y cómo se realiza la ruptura. Le pregunta a Socorro que si ella ve en una película que alguien tiene dos brazos y de repente observa que nada más tiene uno, si eso implica que le están señalando cómo se le está cayendo el brazo. Socorro, entendiendo lo que le expone el profesor, en la línea 550 le responde que no se mostraría cómo ocurrió. Inmediatamente el profesor relaciona la pregunta formulada con significados cotidianos compartidos con lo esquematizado en la lámina en lenguaje químico. Le pregunta si ahí se señala cómo

se está rompiendo el enlace. En significados cotidianos compartidos implicaría preguntar cómo se le está cayendo el brazo. El brazo se pudo haber fracturado o mutilado a diferente altura y de varias maneras. Socorro entiende lo que el profesor le explica estableciendo varias relaciones entre datos. Relaciona el ejemplo de la película con el esquema de la reacción, los dos brazos con los átomos y la caída del brazo con la ruptura del enlace. Socorro da significado a la analogía y responde que no, es decir, entiende que en el esquema no hay señalamiento de qué enlaces se rompen y cómo se rompieron. El profesor confirma de la línea 554 a 555 que no se señala en la lámina que se está rompiendo el enlace. A pesar de que no se puede afirmar que Socorro es consciente de sus operaciones y de cómo las utiliza para entender, ella pone en juego varias operaciones mentales: ver, oír, imaginar, recordar, memorizar, preguntar, entender.

Conclusiones

El fragmento muestra la complejidad del entendimiento del concepto de mecanismo de reacción, de su aprendizaje y enseñanza. A pesar de haber escuchado, revisado y estudiado previamente, en el curso anterior de Química Orgánica I, el concepto de mecanismo de reacción y diferentes tipos de mecanismos, con excepción de Socorro, los alumnos del extracto muestran que no lo han entendido.

Las respuestas de las tres alumnas participantes expresan conocimientos y entendimientos previos (de símbolos, representaciones o conceptos como los de reactivo, producto, reacción química, alcoholes, enlaces, ruptura de enlaces, flechas, movimiento de los electrones y tipos de reacción) y operaciones y habilidades mentales (como ver, oír, recordar, memorizar, relacionar datos, analizar, comparar, describir y explicar).

Para Socorro inicialmente el mecanismo de reacción “es decir qué le pasa a los átomos, cómo se convierten unas sustancias en otras, cómo se pierden los electrones y cómo otras sustancias atacan”. Después de las intervenciones del profesor y mediante la analogía, entendió además, que el mecanismo de reacción es el trayecto paso a paso de la transformación de los reactivos a los productos, dónde se muestra qué enlaces se rompen.

La insistencia del profesor en el mecanismo de reacción hace notar que para él los mecanismos son muy importantes pero no logra que los alumnos se interesen en la actividad. Puede observarse que el

profesor no les señala los errores del libro ni les explica el concepto de mecanismo de reacción ni la reacción del alcohol terciario, pero tampoco los alumnos le piden explicación, le expresan dudas o le hacen preguntas para entender. Como los alumnos ya habían visto en el curso anterior tanto el concepto de mecanismo como algunos mecanismos y reacciones, quizá por eso el profesor no interviene. Parece que el profesor suponía que los alumnos habían aprendido el concepto y que podían ponerlo en juego para entender una reacción nueva, no estudiada, de un alcohol terciario.

Es evidente que los alumnos no entienden el concepto de mecanismo de reacción con sólo oírlo decir a sus compañeros o al profesor o por verlo en un libro o memorizarlo o copiarlo. Tampoco pueden ver ni tocar los enlaces, los átomos ni las moléculas ni ver cómo interactúan. Los alumnos tienen que imaginar y formar interiormente, en su mente, los conceptos abstractos. Un alumno forma un concepto cuando lo construye en su mente. Los conceptos no son algo que pueda tocarse o sentirse. Los alumnos necesitan entender el concepto para después aprenderlo, si no entienden este concepto básicamente pueden entender otros más complejos (como los de sustitución nucleofílica unimolecular o bimolecular). Los alumnos no entendieron el concepto no sólo porque no hubo explicación por parte del profesor. Para entender el concepto es necesario usar conscientemente distintas operaciones mentales, recordar y traer a la mente algo relacionado con el mismo (como una analogía con significados compartidos). Es fundamental que el alumno establezca relaciones entre datos y se pregunte y responda a sí mismo ¿qué es un concepto?, ¿en qué consiste el concepto de mecanismo de reacción?, ¿qué aspectos involucra el concepto?, ¿en qué se fundamentaron para formularlo?, ¿para qué sirve?, ¿en qué se aplica?, ¿qué explica?, ¿qué relación tiene este concepto con otros conceptos químicos?, ¿hay diferentes mecanismos?, ¿cuáles son?, ¿quién propuso el primer concepto de mecanismo de reacción?, ¿cómo llegó a él?

No todos los alumnos entienden al mismo tiempo. Algunos entienden más rápido que otros según su interés y esfuerzo interior. Los alumnos no sólo entienden conocimientos sino también indicaciones y formas de interactuar.

Para Vygotsky (1995), a través de la enseñanza “los significados científicos ingresan primero en los alumnos y después los alumnos los transfieren a

los significados cotidianos” (p. 131). A diferencia de lo anterior, por nuestras observaciones y los datos presentados en el fragmento analizado, con dificultad los alumnos, por sí mismos, entienden el concepto de mecanismo de reacción y difícilmente podrían transferirlo a uno cotidiano. Sin embargo, para el entendimiento de significados científicos, tiene un efecto positivo muy significativo el recurrir a analogías entre significados cotidianos y científicos. Se requiere un esfuerzo mental del alumno para establecer relaciones entre ambos significados y entender el científico (como ocurrió con Socorro). Para ello, el papel del profesor es fundamental pues puede formular analogías y además estimular en los alumnos el uso de diferentes operaciones mentales a través de las preguntas que realice. Las preguntas estimulan a buscar respuestas que contribuyen al entendimiento. Entender es esencial para aprender.

Las analogías que se usen es necesario revisarlas cuidadosamente para que los alumnos no se queden sólo con el recuerdo y la imagen visual concreta del significado cotidiano. En este caso, la analogía sobre la pérdida de un brazo no es la más adecuada pues la pérdida de un electrón de un átomo o una molécula no es equiparable con un evento cruel. Quizás algunos términos del lenguaje químico que hacen referencia a los procesos químicos como algo violento (“ataca”, “choca”, “rompe”) llevan al docente a formular una analogía cruenta. Walsh (2006) explica la colisión de partículas del mecanismo de reacción con la analogía de un auto que choca violentamente con otro estacionado.

También resaltan en el extracto las actitudes negativas de los alumnos pues muestran pasividad, desinterés, flojera y piensan en otras cosas. El profesor les hace notar sus actitudes y tiene que pedirles por favor que escuchen (línea 525). No se observa en ellos la iniciativa y motivación de Socorro ante las peticiones del profesor. A los alumnos no les interesa entender qué es el mecanismo de reacción, quizá porque no consideran que pueda servirles en adelante. La actividad que organiza el profesor no representa un reto para ellos, quizá la síntesis de sustancias con aplicaciones para la vida diaria o un problema de la realidad o un proyecto que ellos propongan podría motivarlos. El profesor al iniciar la sesión podría indagar qué recuerdan y qué tanto han entendido y aprendido de conceptos y temas anteriores, y diseñar actividades que formen parte de algo que les

interese a los alumnos. También puede establecer estrategias para verificar recurrentemente que los alumnos vayan entendiendo cada concepto o tema.

Hasta ahora se ha estudiado la formación de conceptos científicos sin considerar cómo influyen las actitudes de los alumnos en ese proceso. Sin embargo, es necesario investigar si alguien motivado entiende más rápido los conceptos o depende más bien de las operaciones mentales que ha desarrollado. ■

Referencias

- Bruner, J., *Acción, pensamiento y lenguaje*, Alianza Editorial, Madrid, 1989.
- Carey, F., *Química orgánica*, McGraw Hill, México, 2006.
- Cazden, C., El discurso del aula, en M. Wittrock (comp.), *La investigación de la enseñanza III*, Paidós, MEC, Barcelona, 1989.
- De la Chaussée, M. E., *Los alumnos y la construcción de la química orgánica en dos facultades de Química de universidades públicas mexicanas*, tesis doctoral sin publicar, Universidad Iberoamericana Golfo Centro, Puebla, México, 2000.
- De la Chaussée, M. E. y Candela, A., La analogía como recurso discursivo docente en la construcción universitaria de significados de química, en: Rueda M. y Díaz-Barriga F. (comps.), *Evaluación de la docencia. Perspectivas actuales*, Paidós Educador, México, 2000.
- Dewey, J., *Experience and nature*, Open Court Publishing Co., USA, 1925.
- Kotz, J., Treichel, P. y Weaver, G., *Química y reactividad química*, Internacional Thomson, 6ª ed., México, 2005.
- Loneragan, B., *Insight. Estudio sobre la comprensión humana*, Ediciones Sígame y UIA, Salamanca, España, 1999.
- McMurry, J., *Química orgánica*, Internacional Thomson, 5ª ed., México, 2001.
- Nickerson, R., Perkins, D. y Smith, E., *Enseñar a pensar. Aspectos de la aptitud intelectual*, Paidós, MEC, Barcelona, España, 1994.
- Piaget, J., *Six psychological studies*, Random House, USA, 1967.
- Perkins, D., *La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*, Gedisa, Barcelona, 1999.
- Perkins, D., ¿Qué es la comprensión?, en: Stone, M. (comp.), *La enseñanza para la comprensión*. Paidós, Buenos Aires, 2003.
- Silberberg, M., *Chemistry. The molecular nature of matter and change*, Mosby, USA, 1996.
- Umland, J. y Bellama, J., *Química general*, Thomson Learning, México, 2000.
- Vygotski, L., *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, Editorial Crítica, Barcelona, España, 1979.
- Vygotski, L., *Pensamiento y lenguaje*, Paidós, Barcelona, España, 1995.
- Wade, L.G., *Química orgánica*, Prentice-Hall Hispanoamericana, 3ª ed., México, 1993.
- Walsh, *Colliding particles demonstration*, en http://www.leamer.org/channel/workshops/chemistry/support/chemapp_3.pdf, 2006