

LA ESTRUCTURA ATÓMICA Y EL ENLACE QUÍMICO DESDE UN PUNTO DE VISTA DISCIPLINARIO

ALVARADO ZAMORANO, CLARA

UNAM, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, México, D.F.

<clara@aleph.cinstrum.unam.mx>

Palabras clave: Aprendizaje de las ciencias; Conocimiento en estudiantes; Campo disciplinario; Estructura atómica; Enlace químico.

OBJETIVOS

En México la investigación sobre la educación en las ciencias naturales es muy incipiente, la población estudiantil mexicana se ha analizado escasamente por lo que no se conoce adecuadamente su nivel de comprensión de conceptos científicos, siendo clara la necesidad de llevar a cabo estudios que a profesores e investigadores en educación les proporcionen información que contribuya a mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje de tales conceptos en el aula.

Esto motivó el desarrollo del estudio-diagnóstico que se reporta, cuyos objetivos principales fueron detectar y comparar el conocimiento que manifiestan estudiantes de las carreras de Biología, Física y Química de la UNAM, con relación a la estructura del átomo y al enlace químico. Lo anterior, considerando la disciplina científica a que pertenecen y tomando en cuenta que en los planes de estudio de estas carreras, estos temas se presentan en diversos cursos y semestres, y que las preguntas eran adecuadas para estudiantes cursando el bachillerato. También se reportan algunos de los problemas conceptuales más destacados que expresaron los estudiantes.

MARCO TEÓRICO

El conocimiento en el área de las ciencias es cada vez más especializado, integrando diversos campos disciplinarios. Disciplinas científicas como Química, Física y Biología se diferencian en objetivos, problemas, métodos y habilidades, pero comparten el conocimiento de algunos conceptos fundamentales como los relacionados con la estructura atómica. El avance de los procedimientos e interpretación de los conceptos de una rama de la ciencia influyen en el desarrollo de otras, por lo cual es conveniente exista un adecuado nivel de comprensión de términos y conceptos afines.

Los valores socioculturales influyen fundamentalmente el proceso de adquisición de contenidos y aplicación del conocimiento científico. Este enfoque sociocultural del aprendizaje de la ciencia apoya que las ideas de los estudiantes son el resultado de la forma en que las ideas son introducidas, debatidas y aceptadas o rechazadas como resultado de las interacciones de los estudiantes tanto de unos con otros, como con sus maestros.

La escuela tiende a asumir a medida que los conocimientos progresan, una función de integración. Los hombres formados en una cierta disciplina o en una cierta escuela tienen en común un cierto “estilo”, literario o científico.

La comprensión de conceptos fundamentales relacionados con la estructura del átomo y el enlace químico, es indispensable para entender diversos fenómenos y procesos físicos, químicos y biológicos como: fusión y fisión nuclear, reacciones químicas y fotosíntesis (Nakhleh, 1992); incluso, Pauling (1992) expresó que “el concepto de enlace químico es el concepto más valioso de la Química...”. Sin embargo, representan un serio problema para numerosos alumnos, aún entre graduados en Biología, Física y Química, pese a que la estructura atómica es un tema central en la mayoría de los currícula de ciencias, desde el nivel elemental hasta el nivel superior (Gabel, 1993). Existen diversas razones para explicar la dificultad de los alumnos para la comprensión de estos conceptos. Por ejemplo:

- Las ideas preexistentes (a veces incompletas o incorrectas) con que ingresan los estudiantes a la carrera.
- De la estructura de los átomos y del enlace químico, los alumnos no tienen concepciones basadas en evidencia cotidiana, siendo para ellos conceptos abstractos que requieren de su habilidad de razonamiento formal, requiriendo que los alumnos operen en los niveles macroscópico, atómico-molecular y simbólico, lo cual no es fácil para ellos (Martín del Pozo, 2001), por lo que frecuentemente aprenden sus definiciones, pero no sus implicaciones. Así, el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula adquiere suma importancia.
- Además de su naturaleza abstracta, la comprensión del enlace químico requiere de un apropiado conocimiento de conceptos tales como la naturaleza corpuscular y eléctrica de la materia, modelos atómicos y moleculares, configuración electrónica de los átomos, iones y electronegatividad, lo cual provoca que el alumno, aún de nivel universitario, recurra con frecuencia a memorizar definiciones relacionadas con el tema.
- Para explicar entidades no observables como los átomos y el enlace químico, maestros y libros de texto usan analogías y modelos, en muchos casos confusos, por lo que muchos alumnos creen que hay correspondencia 1:1 entre modelo y realidad. Así, mediante el análisis de 26 libros de texto de Biología de secundaria autorizados por la Secretaría de Educación Pública (Alvarado, 2000) se detectó que en un libro, una figura representa los enlaces ajenos a la interacción entre los átomos, con materialidad propia (Figura 1):

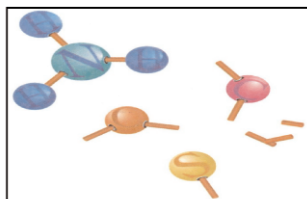


Fig. 1
Bioelementos o elementos indispensables para la vida

- El papel que juegan los libros de texto en la adquisición de problemas conceptuales en los alumnos se advirtió en el análisis de libros mencionado anteriormente: “Los enlaces químicos se producen al compararse electrones entre átomos”, “Existen diferentes tipos de enlaces o uniones, mas en todos los casos se presenta una transferencia o intercambio de electrones”, “En la nube electrónica se lleva a cabo la reacción química desprendiendo y aceptando electrones para formar moléculas”.

DESARROLLO DEL TEMA

Se reportan resultados de una investigación, con estudiantes del semestre 2003-2, del último y penúltimo semestres de las tres carreras mencionadas (Biología es de alta demanda de ingreso, las otras dos de demanda media). Se aplicó cuestionario de 15 preguntas (doce relacionadas con la estructura del átomo y tres con el enlace químico), principalmente de respuestas abiertas a 54 alumnos de Biología, de cinco grupos; 51 de Física, de siete grupos; y 53 de Química, de cuatro grupos; sin considerar edad, género, promedio de califi-

caciones, ni historial académico. Para la descripción de los datos obtenidos, se emplearon frecuentemente gráficas y tablas.

Es importante mencionar que debido a la gran cantidad y variedad de ideas que los estudiantes manifestaron en varias de las respuestas del cuestionario, se presentan las que corresponden a los porcentajes más elevados que se consideraron adecuados para efectuar el análisis correspondiente, y que debido a que el rendimiento escolar no es la variable de mayor importancia en esta investigación, no se “calificaron” las respuestas con base a si eran correctas o incorrectas, sin embargo, gracias a ellas se detectaron numerosos y variados problemas conceptuales en los alumnos de las tres disciplinas. Además, las respuestas expresadas por los alumnos permiten establecer que existen claras diferencias en cuanto al conocimiento que poseen estudiantes de las tres carreras sujetas a estudio:

1) Al solicitar a los alumnos que elaboraran enunciados relacionados con el concepto Átomo, se observó que los de Biología con frecuencia lo relacionaron con los seres vivos (“Los átomos comparten electrones cuando forman la materia viva”); los de Física con la energía (“ Toda la materia y los átomos tienen energía asociada”); y los de Química con su interacción (“La materia se transforma al unirse los átomos mediante enlaces”).

2) En la pregunta: Un átomo de un elemento está formado por 27 protones, 32 neutrones y 27 electrones ¿Qué se formaría si se alterara el número de sus

- a) protones? _____ b) neutrones? _____
 c) electrones? _____, sus más frecuentes respuestas fueron:

a) La alteración del número de protones provoca se forme:	BIOLOGÍA	FÍSICA	QUÍMICA
Un átomo de otro elemento	5.5%	49%	24.5%
Un ión	12.9%	27.4%	30.1%
No respondieron	62.9%	17.6%	24.5%
b) La alteración del número de neutrones provoca se forme:	BIOLOGÍA	FÍSICA	QUÍMICA
Un isótopo	7.4%	54.9%	26.4%
Un átomo de otro elemento	3.7%	5.8%	5.6%
No pasa nada	9.2%	1.9%	16.9%
No respondieron	68.5%	27.8%	39.6%
c) La alteración del número de electrones provoca se forme:	BIOLOGÍA	FÍSICA	QUÍMICA
Un ión	27.7%	73%	62.2%
Un átomo de otro elemento	5.5%	-----	3.7%
No respondieron	53.7%	21%	24.5%

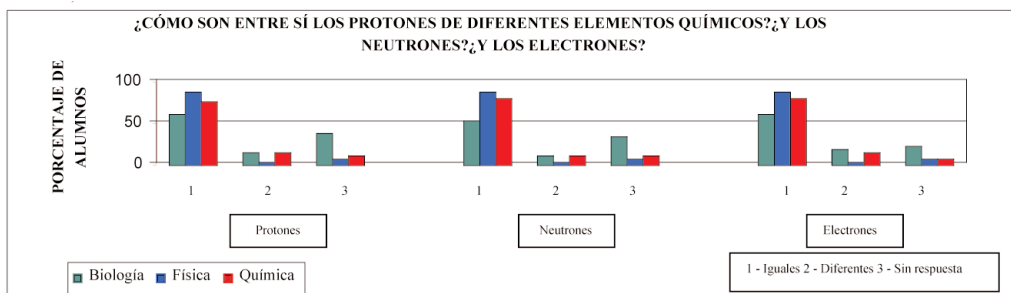
Los estudiantes de Física mostraron más aceptable conocimiento de los cambios que experimenta un átomo tras alterarse la cantidad de sus partículas subatómicas; los de Biología son los que exhiben más desconocimiento. Los electrones son las partículas subatómicas, de las cuales conocen más adecuadamente el papel que desempeñan dentro de la estructura del átomo; es sumamente deficiente el correspondiente a protones y neutrones.

3) En forma destacada y bastante semejante, los alumnos de las tres carreras (B – 85.1%, F – 94.1%, Q – 90.5%) coincidieron en que los átomos de un elemento son diferentes a los de otro. Sus principales argumentos:

ARGUMENTOS	BIOLOGÍA	FÍSICA	QUÍMICA
El número de electrones	64.8%	60.7%	35.8%
El número de protones	48.1%	52.9%	43.3%
El número de neutrones	40.7%	45%	30.1%
Su masa (peso) atómica	20.3%	25.4%	22.6%

Los de Química y en menor proporción los de Física, citaron en forma importante algunas de sus propiedades y características como su tamaño, reactividad, niveles de energía, electronegatividad, carga eléctrica y número atómico.

4) La siguiente gráfica permite suponer que son los estudiantes de Física los que poseen un más adecuado conocimiento de la composición y estructura de las tres principales partículas subatómicas (alrededor del 90% de los alumnos) y que son los de Biología los que más las desconocen (entre el 50 y el 60%)



5) Al preguntarles como describirían un enlace químico, las principales descripciones en forma simplificada que elaboraron los alumnos se muestran en la siguiente tabla:

Descripción de enlace químico	BIOLOGÍA	FÍSICA	QUÍMICA
Unión o interacción de átomos	25.9%	29.4%	28.3%
de elementos	27.7%	15.6%	13.2%
de electrones	20.3%	29.4%	22.6%
de moléculas	3.7%	9.8%	9.4%
de cargas	3.7%		5.6%
de compuestos	1.8%		1.8%
de sustancias	1.8%		
de orbitales			13.2%
de iones			3.7%
de densidades electrónicas			3.7%
de cuerpos			1.8%
de especies químicas			1.8%
Como fuerzas	11.1%	9.8%	9.2%
Como energía	1.8%		7.4%
Sin respuesta	5.5%	5.8%	5.6%

Los alumnos de las tres carreras emplearon en forma sobresaliente el término unión (B – 79%, F – 73%, Q – 79%) con respecto al de interacción (B – 21%, F – 27%, Q – 21%). El término unión parece reflejar la idea de que los átomos, electrones, etcétera, simplemente se juntan, en cambio, el de interacción permite suponer una acción más estrecha entre ellos.

No es sorprendente que los estudiantes de Química hayan sido los que mencionaron mayor variedad de descripciones, pues el tema de enlace químico es uno de los más tratados en el aula en el desarrollo de su plan de estudios. En cambio, los de Física fueron los que menos opciones citaron. Los alumnos de Física también emplearon términos como compartición (seis de ellos), transferencia, intercambio, amarre y fusión. Los de Química, a su vez, citaron traslape (seis de ellos), ganancia/pérdida y compartición.

Al analizar las respuestas de los alumnos se advirtió la deficiente comprensión con respecto a que un enlace químico no se establece únicamente a nivel interatómico (entre iones y átomos), sino que también existen interacciones electrostáticas entre moléculas.

6) Los estudiantes de las tres carreras, sobresaliendo los de Química, consideraron que tanto en las sustancias que conforman a los seres vivos como en las que constituyen a los cuerpos y objetos inertes, los enlaces que en general predominan son los covalentes y los iónicos, sobre otros tipos de enlace.

Exclusivamente con respecto a los seres vivos se mencionó el enlace polar y únicamente con relación a los cuerpos y objetos inertes se hizo referencia al enlace metálico. Se percibe más desconocimiento del enlace químico entre los de Física.

CONCLUSIONES

Las respuestas expresadas por los alumnos permitieron establecer que existen claras diferencias en cuanto al conocimiento que poseen estudiantes de las tres carreras sujetas a estudio, tales como:

- Los de Biología con frecuencia elaboraron enunciados vinculados con los seres vivos, los de Física con la energía involucrada en los cambios de la materia y los de Química con la interacción de sustancias y materiales.
- Los estudiantes de Física mostraron más aceptable conocimiento de los cambios que experimenta un átomo tras alterarse la cantidad de sus partículas subatómicas; los de Biología son los que exhibieron más desconocimiento.

Dentro de los problemas conceptuales destacan:

- El profundo desconocimiento de los cambios que experimentan los elementos, tras alterarse la cantidad de protones, neutrones o electrones de sus átomos.
- La deficiente comprensión con respecto a que un enlace químico no se establece únicamente a nivel interatómico (entre iones y átomos), sino que también existen interacciones electrostáticas entre moléculas
- La marcada confusión que exhiben con respecto a si el enlace químico consiste en la unión o en la interacción de átomos, elementos, electrones, moléculas, cargas, compuestos, sustancias, orbitales, iones, cuerpos o densidades electrónicas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVARADO, C. (2000). «Identificación de problemas en conceptos químicos fundamentales en los libros de texto de biología de secundaria. Implicaciones para el aprendizaje». Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- GABEL, D. L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70 (3), pp. 193 – 194.
- MARTÍN DEL POZO, R. (2001). Prospective teachers' ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. *International Journal of Science Education*, 23(4), pp. 353 – 271.
- NAKHLEH, M.B. (1992) Why some students don't learn Chemistry. *Journal of Chemical Education*. 69 (3), pp. 191 – 195.
- PAULING, L. (1992). The nature of the chemical bond. *Journal of Chemical Education*, 69(6), pp. 519 – 521.