

RENDIMIENTO ACADÉMICO Y CONCEPCIONES ALTERNATIVAS EN ESTEQUIOMETRÍA Y SOLUCIONES.

Luisa Rojas y Maj Britt Mostue *

RESUMEN

En este estudio se determinó el rendimiento de los estudiantes en las unidades de estequiometría y soluciones de las materias Química General (para estudiantes del área de ciencias agrobiológicas) y Química I (para estudiantes del área científico-tecnológica). Se observó un rendimiento bajo con porcentajes de 10% y 9% de aprobados, respectivamente. A través de un análisis cualitativo de los problemas planteados en los exámenes, se pudo observar que los estudiantes de las dos asignaturas presentan concepciones alternativas sobre los términos abstractos de los dos temas en estudio.

ABSTRACT

This study determined the performance of the freshman students in stoichiometry and solutions of two signatures of Chemistry (Chemistry for agrobiolology students and Chemistry for scientific-technology students). The results obtained demonstrate that the students of both Chemistries presented a low performance with percentages of 10% and 9%, respectively. A qualitative analysis of the items shows that the students presented alternative conceptions about the abstract concepts of stoichiometry and solutions.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los estudiantes, en todos los niveles, presentan dificultades para aprender Química. Averiguar las razones ha sido el centro de muchos estudios. Concre-

tamente, se han realizado investigaciones, unas centradas en la detección de las ideas alternativas que usan los estudiantes cuando son instados a interpretar fenómenos físicos y químicos (BouJaoude, 1992; Driver y Easley, 1978; Enciso *et al.*, 1987; Gabel *et al.*, 1984; Garnett *et al.*, 1995; Haider y Abraham, 1991; Linn y Songer, 1991; Nakleh, 1992; Novick y Nussbaum, 1978; Nurrenbern y Pickering, 1987; Vásquez, 1990) y otras son estudios comparativos entre las variables cognoscitivas y el rendimiento estudiantil (BouJaoude y Giuliano, 1991; Chandran, *et al.*, 1987; Niaz, 1980; 1987a; 1987b; 1988; 1989a; 1989b; 1991; 1996; Niaz y Lawson, 1985; Niaz y Robinson, 1992; Rojas y Niaz, 1993; 1996; Sánchez, 1986; Staver y Jacks, 1988; Vaquero *et al.*, 1996). Existe un primer grupo de ideas alternativas que giran en torno a una escasa noción de la existencia de vacío entre partículas, un rechazo a la idea de interacción entre las mismas, una imagen molecular estática y una tendencia a transmitir a las partículas las propiedades y atribuciones del mundo macroscópico.

Según Eylon, Ben-Zvi y Silberstein (1986), los estudiantes de química fallan frecuentemente en diferenciar entre el comportamiento de una molécula simple y el de muchas moléculas, al tratar de explicar las estructuras químicas y los procesos. Estos autores realizaron un análisis de los conceptos sobre estructura molecular que mantienen los estudiantes de química. Más del 90% de los estudiantes sostiene la misma representación o van hacia una representación menos exacta, a medida que la complejidad de un problema aumenta. A la vez, un aumento en la complejidad conduce a una regresión en el razonamiento.

Referente a las ideas alternativas en estequiometría y soluciones, particularmente, se cuenta con los diversos estudios de Ben-Zvi *et al.*, 1986; Gabel y Samuel, 1986; Friedel y Maloney, 1992; Dierks *et al.*, 1985; Gabel *et al.*, 1984; Gabel y Sherwood, 1983; 1984; Gabel y Samuel 1986; Gower *et al.*, 1977; McCulloch, 1990; Prieto *et al.*, 1989; Rojas y Niaz, 1996. Ben-Zvi *et al.* (1986) argumentan que una apropiada interpretación de una ecuación química requiere que el aprendiz entienda muchos principios, como por ejemplo: estado físico y estructura de los

* Departamento de Química, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Recibido: 27 Mayo 1998. Aprobado: 11 Enero 1999.

reactivos y productos, la dinámica de la interacción entre las partículas, la relación cuantitativa entre las partículas y el gran número de partículas involucradas.

En relación con los cambios de estados de agregación y disolución, los estudiantes tienen grandes dificultades para la correcta comprensión de: (a) la naturaleza de los cambios de estado de agregación de los cuerpos; (b) la conservación de la masa, tanto en los fenómenos físicos como en los químicos; (c) la naturaleza del fenómeno de la disolución de un sólido en un líquido; (d) las diferencias, en la formación y propiedades, entre un compuesto y una mezcla y (e) que los compuestos son sustancias puras (Fernández *et al.*, 1988).

Vásquez (1990) observó que en estudiantes con 18 años de edad persiste un aumento de concepciones alternativas, lo cual pone de relieve que el tipo de enseñanza-aprendizaje recibido dista mucho de los elementos epistemológicos de la ciencia y el modo de producción científica. Por otro lado, Níaz (1980) encontró que la mayor parte de los programas de principios de Química en el Núcleo de Sucre de la Universidad de Oriente exige una preparación cognoscitiva hipotético-deductivo y, cuando menos, alrededor del 50% del contenido de los exámenes de evaluación requiere razonamiento formal. Sin embargo, parece que no existe una concordancia entre los niveles de exigencia de los contenidos de los programas de principios de química y el nivel de desarrollo mental de los estudiantes, puesto que la mayoría de los estudiantes al ingresar al nivel universitario no ha alcanzado la etapa formal (Griffiths, 1976; Níaz, 1987; Sánchez de G., 1984).

Para este estudio se plantearon como objetivos: (a) determinar y comparar el rendimiento de los estudiantes en las unidades de estequiometría y soluciones en las asignaturas Química General (010-1714) y Química I (010-1814) del Núcleo de Sucre de la Universidad de Oriente; (b) hacer un análisis cualitativo a los problemas planteados de estequiometría y soluciones en los exámenes parciales para evidenciar las concepciones alternativas y comparar éstas entre las dos asignaturas.

METODOLOGÍA

Se tomó el universo de 467 estudiantes cursantes de Química General (010-1714) y 677 estudiantes de Química I (010-1814) en el Núcleo de Sucre de la Universidad de Oriente. Para medir el rendimiento en las unidades de estequiometría y soluciones en las asignaturas mencionadas, se tomaron las calificaciones de los exámenes parciales.

Luego se hizo una evaluación cualitativa de las respuestas de los estudiantes a los problemas planteados en los mismos exámenes para detectar las concepciones alternativas. Finalmente, se compararon las concepciones alternativas de los estudiantes de las dos asignaturas para evidenciar semejanzas y diferencias.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En las unidades de estequiometría y soluciones de las dos materias Química General y Química I, los resultados demuestran un bajo rendimiento con porcentajes de 10% y 9% de aprobados, respectivamente. Se pudo observar, en lo referente a estequiometría, que un alto porcentaje de los estudiantes (85%) tiene dificultades en diferenciar y relacionar cantidad de sustancia (n) y número de átomos y moléculas (N), mientras que en la relación masa-cantidad de sustancia ($m-n$), el porcentaje disminuye considerablemente. Esto es una demostración de no diferenciar el mundo micro del macro; esta tendencia puede estar reforzada si los profesores repetidamente presentan modelos de moléculas simples y los textos muestran dibujos de moléculas simples y no se hace la relación correcta entre los niveles macroscópico y atómico/molecular.

En los problemas de estequiometría con reactivos en exceso y limitante, los estudiantes aplican la ley de conservación de la masa sin tomar en cuenta que no se gasta todo de los reactantes, sumándolos. Una explicación a esta dificultad de entendimiento se puede tomar de las investigaciones realizadas sobre el desarrollo de las habilidades cognoscitivas de los estudiantes y el rendimiento en Química.

En los exámenes con problemas que involucran soluciones, el mol está tomado como unidad de concentración; referente a valoración, la mayoría de los estudiantes recurre a la fórmula de dilución omitiendo la ecuación química. Esta manera de resolver los problemas es mantener la idea de la equivalencia, a pesar de que en los programas Química I y Química General se ha eliminado el uso del equivalente-gramo. Otro aspecto observado fue la manera de formulación de las relaciones de las cantidades físicas, es notable una mezcla de los símbolos de las cantidades físicas con las unidades, la mayoría de los estudiantes escribe la relación: $\text{mol} = \text{g}/M$, en vez de $n = m/M$. Es posible que en el proceso enseñanza-aprendizaje exista una resistencia tanto en contra del empleo del concepto cantidad de sustancia (n) como del término y favorezca a la no asimilación correcta de lo que significa el mol como unidad de la cantidad de sustancia.

Es importante destacar que los programas de las dos asignaturas tienen enfoques diferentes, el de Química General se inicia con el estudio de los modelos atómicos (mundo micro) y luego del enlace químico previo a estequiometría y soluciones; es decir, en ese programa se llega a la ecuación química como consecuencia de lo que ocurre a nivel atómico y se define el mol como la unidad de la cantidad de sustancia para "facilitar" el cálculo estequiométrico. El programa de Química I se inicia con las leyes ponderales (mundo macro), sin explicar el nivel atómico, antes de estequiometría y soluciones y culmina con modelos atómicos y el enlace químico. Para los cálculos estequiométricos no se ve la necesidad de utilizar la cantidad de sustancia (n) ya que la ley de proporciones definidas y la de conservación de la masa funcionan y el mol resulta, consecuentemente, más bien una complicación. No obstante, se puede extraer que, a pesar de que el programa de Química General va de lo micro a lo macro y el de Química I de lo macro a lo micro, el rendimiento de los estudiantes en estequiometría y soluciones es similarmente bajo. Es posible que, como estos dos temas contienen conceptos teóricos y abstractos, pueda existir alguna explicación a esta problemática en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Es factible que los docentes desconozcan estrategias instruccionales que favorezcan a un mejor entendimiento de esos conceptos y persistan en un tipo de enseñanza adverso al cambio metodológico y evolutivo de los términos químicos que está unificado con las recomendaciones de la IUPAC (1987). Existen confirmaciones a esos planteamientos como son las generalidades de los estudiantes a: (a) utilizar la fórmula $V_1M_1 = V_2M_2$, en los cálculos estequiométricos con soluciones; (b) pasar directamente al mol sin incidir en la magnitud cantidad de sustancia y (c) la manera de los estudiantes resolver los problemas de soluciones que implican la estequiometría, pero es obviada, lo cual es una perseverancia de utilizar la equivalencia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados justifican lo planteado por Dierks *et al.* (1985) que, históricamente, el concepto cantidad de sustancia (n), cuya unidad es el mol ha sido la parte más difícil dentro de los cursos de Química para principiantes. Las posibles fuentes de concepciones alternativas referentes a ese concepto en estequiometría y soluciones deben tomarse en cuenta cuando se diseñen estrategias metodológicas que superen las tres barreras básicas, planteadas por Herron (1990) y Abraham (1990), que impiden el éxito para resolver problemas en Química: (a) insuficiente compren-

sión de los conceptos involucrados; (b) uso de reglas o algoritmos memorizados y (c) incapacidad para transferir el entendimiento de los niveles macroscópico y atómico/molecular en la resolución de problemas que alienten cambios en las ideas de los estudiantes. De acuerdo con estos resultados, se recomienda: (a) asesorar a los profesores en relación con las dificultades y las concepciones que tienen los estudiantes sobre los términos abstractos de estos temas para que utilicen estrategias que propicien cambios cognoscitivos; (b) tomar en cuenta la certidumbre existente de la relación entre las habilidades cognoscitivas, el rendimiento académico y las concepciones alternativas de los estudiantes; (c) hacer una revisión de los libros de texto a fin de evaluar sus estrategias didácticas en función de las exigencias cognoscitivas y la actualización de su contenido.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el apoyo financiero al proyecto clasificado con el código CI-5-023-00740/96.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAM, M. R. (1990). Sources of alternative conceptions in chemistry. In Staver & Lumpe (1995) Two Investigations of Students' Understanding of the Mole Concept and Its Use in Problem Solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(2), 177-193.
- BEN-ZVI, R., EYLON, B. & SILBERSTEIN, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*, 63, 64-66.
- BOUJAOUDE, S. B. (1992). The relationship between student's learning strategies and the change in their misunderstandings during a high school chemistry course. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 687-699.
- GIULIANO, F. J. (1991) The relationship between Students' Approaches to Studying, Formal Reasoning Ability, Prior Knowledge, and Gender and Their achievement in Chemistry. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST).
- CHANDRAN, S. TREGUST, D.F. & TOBIN, K. (1987). The role of cognitive factors in chemistry achievement. *Journal of Research in Science teaching*, 24, 145-160.

- DRIVER, R. & EASLEY, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- DIERKS, W.; WENINGER, J. & HERRON, J. D. (1985). Mathematic in the chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 62, 839-841.
- ENCISO, E.; LLORENS, J.A. Y SENDRA, F. (1987). La Introducción al modelo corpuscular de la materia. Un estudio evolutivo. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol extra pp.183-184.
- EYLON, B. BEN-ZVI, R. & SILBERSTEIN, J. (1986). Active hierarchical organization: A vehicle for promoting recall and problem solving in introductory chemistry. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. San Francisco, CA.
- FERNÁNDEZ, J. M.; TRIGUEROS, T. Y GORDO L. (1988) Ideas sobre los cambios de agregación y las disoluciones en alumnos del 2º curso del BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 42-46.
- FRIEDEL, A. & MALONEY, D. (1992). An Exploratory, Classroom-Based Investigation of Students' Difficulties with Subscripts in Chemical Formulas. *Science Education*, 76(1), 65-78.
- GABEL, D. L. & SHERWOOD, R. D. (1983). Facilitating problem solving in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(2), 163-177.
- SHERWOOD, R. D. (1984). Analyzing difficulties with mol-concept task by using familiar analogue task. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 843-851.
- SHERWOOD, R. D. & ENOCHS, L. (1984). Problem-solving skills of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 221-233.
- SAMUEL, K. V. (1986). High school students ability to solve molarity problems and their analog counterparts. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 167-176.
- GARNETT, P.; GARNETT, P. & HACKLING, M. (1995). Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implications for Teaching and Learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.
- GOWER, D.M.; DANIELS, D. J. AND LLOYD, G. (1977). The mol concept. *School Science Review*, 58(205), 658-676.
- GRIFFITHS, D. H. (1976). Physics Teaching: Does it hinder intellectual development? *American Journal of Physics* 44(1), 81-85.
- HAIDER, A. H. & ABRAHAM, M.R (1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 919-938.
- HERRON, J. D. (1990). The role of reasoning in problem solving. In Staver & Lumpe (1995) Two Investigations of Students' Understanding of the Mole Concept and Its Use in Problem Solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(2), 177-193.
- INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (IUPAC). (1987). *Compendium of Chemical Terminology Recommendations*. Blackwell Scientific Publications: Oxford.
- LINN, M.C. & SONGER, N. B. (1991). Teaching Thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands? *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 885-918.
- MCCULLOCK, T. (1990). Avogadro's number, moles and molecules. *Journal of Chemical Education*, 53(11), 720-722.
- NAKHLEH, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry? *Journal of Chemical Education*, 69, 191-192.
- NIJAZ, M. (1980). La filosofía de Piaget en el Aprendizaje de la Química. *Acta Científica Venezolana*. Vol 31 Suplemento N°1, 68.
- (1987a). Relation between M-Space of students and M-Demand of different items of general chemistry and its interpretation based upon the neo-Piagetian theory of Pascual-Leone. *Journal of Chemical Education*, 64, 502-505.
- (1987b). Mobility-fixity dimension in Witkin's theory of field dependence/independence and its

- implications for problem solving in science. *Perceptual and Motor Skills*, 65, 755-764.
- . (1988). Manipulation of M-demand of chemistry problems and its effect on student performance: a neo-Piagetian study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 643-657.
- . (1989a). A neo-Piagetian interpretation of the mobility-fixity dimension. *Perceptual and Motor Skills*, 68, 1315-1319.
- . (1989b). Relation between Pascual-Leone's structural and functional M-Space and its effect on problem solving in chemistry. *International Journal of Science Education*, 11, 93-99.
- . (1991). Correlates of formal operational reasoning: A neo-Piagetian analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 19-40.
- . (1996). Reasoning strategies of students in solving chemistry problems as a function of developmental level, functional M-capacity, and disembedding ability. *International Journal of Science Education*, 18(5), 525-541.
- & Lawson, A.E. (1985). Balancing chemical equations: the role of developmental level and mental capacity. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 41-51.
- & Robinson, W.R. (1992). Manipulation of logical structure of chemistry problems and its effect on student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 211-226.
- NOVICK, S. & NUSSBAUM, J. (1978). Junior High school pupil's understanding of particulate nature of matter: An interview study. *Science Education*, 62, 273-281.
- NURRENBERN, S. C. & PICKERING, M. (1987). Concept learning versus problem solving: is there a difference?. *Journal of Chemical Education*, 64, 508-510.
- PRIETO, T.; BLANCO, A. Y RODRÍGUEZ, A. (1989) The ideas of 11 to 14 year old students about the nature of solutions. *International Journal Science Education*, 11(4), 451-463.
- ROJAS DE A., L. Y NIAZ, M. (1993). Rendimiento en Química como una función de las concepciones alternas, el conocimiento previo y las variables cognoscitivas. *Acta Científica Venezolana*, 44 Suplemento N° 1, 128.
- ROJAS DE A., L. AND NIAZ, M. (1996). Reasoning Strategies Used by Students to Solve Stoichiometry Problems and Its Relationship to Alternative Conceptions, Prior Knowledge, and Cognitive variables. *Journal of Science Education and Technology*, 5(2), 131-141.
- SÁNCHEZ DE G., A. (1984). Influencia del nivel cognoscitivo de los estudiantes sobre su rendimiento en las materias del primer semestre de ciencias Núcleo de Anzóategui, Universidad de Oriente. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente. Puerto La Cruz. Venezuela.
- . (1986). Estudio de los factores cognoscitivos que influyen en el rendimiento estudiantil en la asignatura Química I de la Unidad de Cursos Básicos, Núcleo de Anzóategui, Universidad de Oriente. Trabajo de Grado. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- STAVER, J. & JACKS, T. (1988). The influence of cognitive reasoning level, cognitive restructuring ability, disembedding ability, working memory capacity, and prior knowledge on students' performance on balancing equations by inspection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 763-775.
- VAQUERO, J.; ROJAS DE A., L. and Niaz, M. (1996). Pascual-Leone and Baddeley's models of information processing as predictors of academic performance. *Perceptual and Motor Skills*, 82, 787-798.
- VÁSQUEZ, A. (1990). Concepciones alternativas en física y química de bachillerato: una metodología diagnóstica. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 251-258.