

Category 2

White sugar, brown sugar, artificial sweetener.

Category 3

Pulses, boiled potatoes, pasta, white bread, brown bread.

Category 4

Chicken, fish, lamb meat, cow meat.

Category 5

Can fruit juice, fresh fruits, fresh fruit juice.

7. Your knowledge about diet comes from:

(You can choose more than one answer)

School? ☐

Magazines? ☐

Newspapers? ☐

Radio? ☐

Television? ☐

Advertisements? ☐

8. Do you think that diet matters should be part of your education at school?

9. Does school contribute to the shaping of children's dietary habits? Apart of school what other factors may contribute?

10. Taking in account your own experience at school can you suggest ways which could help children obtain healthy dietary habits?

11. According to your own opinion what do you believe are the most important kinds of food in human diet?

12. In the following list which of foods contain protein, fat, carbohydrates?

Fruits	Potatoes
Chicken	Bread
Lamb	Beverages
Cheese	Olive oil
Eggs	Butter
Honey	Vegetables

Received 04.11.2003 / Approved 11.09.2004

El origen de la vida como t3pico generativo en la ense1anza para la comprensi3n

The origin of life as a generative topic in teaching for comprehension

NORA VALEIRAS¹ M3NICA GALLINO¹ Y LILIANA CROCCO²

¹Departamento de Ense1anza de la Ciencia y la Tecnolog3a,

²C3tedra de Introducci3n a la Biolog3a. Facultad de Ciencias Exactas F3sicas y Naturales. Universidad Nacional de C3rdoba, Argentina.
nvalaira@com.uncor.edu; mgallino@com.uncor.edu; lcrocco@com.uncor.edu

Resumen

Este trabajo desarrolla una estrategia con docentes para abordar la selecci3n de los contenidos en temas de biolog3a a trav3s de la construcci3n de t3picos generativos. Los t3picos generativos que propone el modelo de la "ense1anza para la comprensi3n" ha sido usado como marco de referencia para esta propuesta. Se trabaj3 con docentes en dos etapas, una inicial de desempe1o exploratorio, cuyo prop3sito fue conocer qu3 conciben los docentes acerca de la comprensi3n y otra de desarrollo llevada a cabo por medio de una investigaci3n guiada. Como resultado de la implementaci3n de la estrategia, se obtuvieron por una parte, resultados con respecto al reconocimiento que hacen los docentes de la comprensi3n y los procesos que esto implica. Por otra, los docentes elaboraron una red conceptual de la que surge como idea m3s significativa y posible t3pico generativo al "origen de la vida" superando la esquematizaci3n tradicional del curr3culo en biolog3a celular, gen3tica y evoluci3n.

Palabras clave: ense1anza para la comprensi3n, origen de la vida, t3pico generativo, biolog3a.

Abstract

This paper develops a teaching strategy to select contents related to Biology through the construction of generative topics. Generative topics constitute the first step proposed by the model known as "Teaching for Comprehension", which is here employed as a methodological framework. The work with teachers was carried out in two steps: an initial step of exploratory performance, with the purpose of identifying what teachers understood about comprehension; and a second step, which was a research carried out by the teachers under supervision. The strategy was implemented and results were obtained regarding the level of teachers' knowledge about comprehension and the processes involved. Furthermore, the teachers formulated a conceptual network, from which "The Origin of Life" was identified as the most significant idea, and as a possible generative topic. This finding goes beyond the classical schematic curriculum used in Cellular Biology, Genetics, and Evolution.

Key words: biology, generative topic, origin of life, teaching for comprehension.

INTRODUCCI3N

En el marco moderno de la educaci3n existe la idea que las personas poseen inteligencias m3ltiples, m3s o menos aut3nomas (WALTERS y GARDNER, 1985, GARDNER, 1987, 1997). GARDNER (1993) define la inteligencia como "la capacidad de resolver problemas o productos

habituales" distinguiendo un perfil de inteligencias espec3ficas que cada persona usa para resolver problemas. Estas ideas est3n fuertemente vinculadas con la capacidad de comprensi3n opuesta a la memorizaci3n. Aplicar un intento para resolver el persistente problema de c3mo los alumnos comprenden y utilizan los conocimientos es la propuesta de la "Ense1anza para la comprensi3n" (EpC) llevada a cabo por GARDNER, PERKINS y PERRONE en la escuela de graduados de la Universidad de Harvard (STONE WISKE, 1999; GARDNER, KORNHABER y WAKE, 2000).

Una dificultad inicial para comenzar a trabajar con la EpC es la selecci3n de los contenidos que promuevan efectivamente el inter3s de los estudiantes y se estructuren de una determinada forma para posibilitar su comprensi3n. Evidentemente no todos los contenidos pueden proporcionar la oportunidad al docente de concretar una ense1anza comprensiva. En la realidad educativa, los curr3culos escolares predeterminan los temas a ense1ar, entonces se plantea el problema de c3mo transformar estos contenidos.

Por otra parte, el marco conceptual de la EpC presenta cuatro ideas fundamentales: los t3picos generativos, las metas de comprensi3n, los desempe1os de comprensi3n y la evaluaci3n diagn3stica no son planteados a modo de normas y con una secuencia fija —se trata de un marco de trabajo que permite el dise1o y la organizaci3n de los elementos de un programa—, como tampoco hay una 3nica manera de implementar el enfoque (BLYTHE *et. al.*, 1998).

Desde este enfoque la pregunta central que nos formulamos en este trabajo se refiere a 3cu3les son los temas, cuestiones, conceptos, ideas para apoyar el desarrollo de comprensiones profundas por parte del alumno?

A partir de este problema se genera la presente propuesta, cuyo objetivo central es desarrollar una estrategia con docentes para explorar sus ideas sobre la comprensi3n, con base en un n3cleo de conceptos centrales en la ense1anza de la biolog3a moderna, como son la "biolog3a celular, gen3tica y evoluci3n". Se propone como objetivos espec3ficos, reflexionar sobre el inter3s e importancia de estos temas para el dominio de la biolog3a y elaborar una red de conceptos que permitan dise1ar t3picos generativos que faciliten la motivaci3n de los alumnos y favorezcan su comprensi3n.

Para poder abordar estas cuestiones consideramos importante incluir en esta propuesta una breve rese1a sobre la EpC, para luego desarrollar en las siguientes secciones la estrategia usada con los docentes para concretar los objetivos de este trabajo y su evaluaci3n.

MARCO CONCEPTUAL DEL MODELO PARA LA COMPRENSIÓN

PERKINS (1999) define la comprensión como “la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que uno sabe”. Desde un punto de vista práctico, podemos afirmar que un sujeto ha comprendido si es capaz de explicar un tópico resolviendo un problema, argumentando o infiriendo elementos. La comprensión se presenta cuando se puede pensar y actuar a partir de lo que se sabe, pero bajo la condición de flexibilidad, de otra manera se haría de forma memorística y rutinaria.

Para entender este modelo hay que diferenciar lo propuesto como desempeño de comprensión de otros desempeños de “rutina a mano”. Estos últimos son actividades que se llevan a cabo de forma acostumbrada, repetitiva y que reproducen la información. Un ejemplo que nos permite clarificar esto, sería recordar las características de un mamífero y a partir de ellas reconocer una especie como la de un mono. Distinto es tratar de clasificar una ballena como mamífero con características inferidas a partir del mono. Aquí podemos ver las diferencias, entre reconocer un mamífero y comprender sus particularidades que permitan clasificar un nuevo individuo. Esto implica visualizar diferentes tipos y momentos de comprensión, de esta forma, la comprensión en el acto, es la inicial o algo que hacemos naturalmente como, conocer la lengua sin que tengamos una comprensión reflexiva que implique un modelo mental explícito. También estos desempeños varían con la estructura de cada individuo, el campo conceptual, los tópicos y las disciplinas que se trate y el contexto en el que se desarrolla.

En el marco de la EpC este problema se resuelve aplicando los cuatro pasos de este modelo que se refieren a la producción de tópicos generativos, proponer las metas de comprensión y sus desempeños, todo regulado por la evaluación continua como un proceso de retroalimentación tanto para los estudiantes como para los docentes.

Con respecto a los *tópicos generativos*, se trata de conceptos, temas, teorías, cuestiones, etc. que favorecen el desarrollo de la comprensión en el alumno. Las características esenciales que presentan son:

- centrales para una o más disciplinas o dominios,
- relacionadas con otras asignaturas, y con las experiencias de los alumnos,
- accesibles en término de recursos que permitan investigar el tópico,
- atractivas para los alumnos,
- motivadoras para el docente.

La enseñanza tradicional en todos los niveles del sistema educativo, está reglada por los contenidos que se establecen en los currículos lo que restringiría poder crear un verdadero tópico. Los autores de este modelo sugieren transformar un tema dándoles un “carácter más generativo” con la inclusión de una perspectiva que posibilite visiones más ricas, sustanciosas e integrales (BLYTHE *et. al.*, 1998).

La segunda idea fundamental de este modelo, son las *metas de comprensión*, se refieren a los conceptos, habilidades y procesos que deseamos que los alumnos comprendan, las cuales tienen que estar claramente explicitadas. Pueden ser metas de comprensión más abarcadoras como un hilo conductor que se traduce a lo largo del año escolar, o más particulares; de un tópico, una unidad, un objetivo o una pregunta problema.

El tercer postulado de la EpC son los *desempeños de comprensión* que se traducen en las acciones que realizan los alumnos para potenciar y mostrar comprensiones a partir de variadas propuestas y estilos de aprendizaje (GARDNER, 2000). Son los núcleos del desarrollo de este modelo y deben estar vinculados estrechamente con las metas propuestas. Estos desempeños exigen crear algo nuevo, reconfigurando el conocimiento y pudiendo ser observados de forma tal que no queden en la intimidad. Pueden ser ejemplos de desempeños: explicar, demostrar, dar ejemplos, generalizar, establecer analogías, presentar el tópico de manera distinta, entre otros.

Se pueden distinguir diferentes tipos de desempeños según el momento didáctico y los procesos que se desean posibilitar. Así, los que se denominan preliminares, son estudios exploratorios que al comienzo de cada tópico permiten reconocer el vínculo entre éste y los intereses de los alumnos. Un segundo tipo son los de investigación guiada que se producen al promediar la unidad y al final de la misma, los desempeños de síntesis, que son los más complejos ya que demuestran la comprensión desarrollada en otros desempeños.

La última idea fundamental de la EpC es la *evaluación diagnóstica continua*. Sus funciones son, proporcionar la retroalimentación de la enseñanza y fomentar la reflexión durante todo el proceso. Como condición se deben dar a conocer a los alumnos los criterios de evaluación para que estos puedan valorar su propio trabajo y compartir con ellos la definición de los mismos. Esto permite que comprendan mejor el proceso y puedan

compartir la responsabilidad de su aprendizaje.

Debemos remarcar que si bien estos pasos señalan y organizan el trabajo de la EpC, ésta no es prescriptiva, ni es un proceso lineal, sino que exige reflexión e integración entre las prácticas educativas y los intereses, pasiones y metas compartidos entre docentes y alumnos, buscando fomentar en el aula un pensamiento de más alto nivel (TISHMAN, PERKINS y JAY, 1996).

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el desarrollo de actividades de aprendizaje desde el enfoque de la EpC, se diseña un taller destinado a docentes de aula de escuela secundaria. Participaron quince docentes en ciencias naturales de distintos establecimientos educativos y cuatro coordinadores que pertenecen al equipo de investigadores. La metodología de trabajo que se plantea involucra a los docentes como miembros activos de la investigación y sus vivencias, comentarios y actuaciones fueron grabadas para poder obtener los datos que sirven de insumos en nuestra propuesta. Los coordinadores tienen por función, conducir el proceso de aprendizaje y participar activamente en los pequeños grupos de discusión en los que se dividen los docentes, siendo animadores y facilitadores del proceso de metacognición.

Se organiza el trabajo en dos etapas, una inicial planteada como un “desempeño exploratorio”, cuyo propósito es conocer qué conciben los docentes acerca de la comprensión y una segunda etapa de desarrollo, denominada “investigación guiada” en la que una vez presentado el marco del modelo de EpC, se pretende que los docentes elaboren tópicos generativos, las metas de comprensión y los desempeños deseables en relación con el tema de biología celular, genética y evolución.

La etapa de desempeño exploratorio, tiene como objetivos específicos conocer acerca de la propuesta de EpC y reflexionar sobre cuestiones concretas referidas a la comprensión. El trabajo se lleva a cabo sobre la base de los siguientes interrogantes:

- ¿Qué significa comprender?
- ¿Qué relación encuentra entre comprender y aprender?
- ¿Cómo se enseña para que el otro comprenda?
- ¿Cómo deberían ser los procesos de comprensión en la enseñanza de la biología?

Indagar desde los docentes, si es posible saber:

- ¿Cuándo el alumno comprende?
- ¿Cómo se da cuenta el docente de las comprensiones de los alumnos?
- ¿La comprensión se refiere a un nivel o jerarquía de aprendizajes, o existen comprensiones de distinto nivel?
- ¿Cuáles son los objetos a ser comprendidos, conceptos, principios, hechos, procedimientos, actitudes?
- ¿Qué se debería tener en cuenta a la hora de enseñar para que el alumno comprenda, ya sea desde el punto de vista del docente o del alumno, y desde los contenidos y las estrategias?

Una vez introducido el marco conceptual del EpC, discutidas estas ideas con base en las preguntas anteriormente señaladas, se invita a los docentes a trabajar en la segunda etapa: la “investigación guiada”. Para ello, se utiliza la técnica de “torbellino de ideas” (CIRIGLIANO y VILLAVARDE, 1968) que permite desde la asociación libre esquematizar a través del consenso la planificación de la tarea y los desempeños esperados en este taller. Continuando con el trabajo y siendo el principal objetivo de esta parte del taller, detectar temas de interés en la enseñanza de biología celular, genética y evolución, se presenta a los docentes el siguiente cuestionario.

- Haga un listado de los temas que Ud. trabaja con sus alumnos, sobre Biología Celular, Genética y Evolución.
- Clasifique de acuerdo con su experiencia estos temas o tópicos, en el siguiente cuadro:

Temas o tópicos Más interesantes	Temas o tópicos Menos interesantes

- ¿Qué tópicos o temas le parecen más importantes para el dominio de la disciplina?

A partir de estas respuestas, las discusiones y reflexiones hechas en clase, se propone elaborar una “red de ideas” con los principales conceptos de este dominio disciplinar, lo que permitirá definir tópicos generativos.

Para averiguar las metas de comprensión que proponen los docentes se parte del análisis de la red conceptual donde se considera él o los conceptos que muestran la mayor asociación de ideas. Mediante ello se establecen

unas pocas metas de comprensión a partir de responder la siguiente pregunta: ¿qué comprensiones quiero desarrollar con el planteo de este tópico generativo? De igual modo y en un proceso de interacción complementaria se enriquece lo anterior indagando acerca de aquellos desempeños deseables que permiten visualizar de manera más acabada la comprensión de los alumnos.

De esta forma y teniendo en cuenta que toda tarea educativa implica enseñar y aprender a pensar mejor, los coordinadores potencian oportunidades para reflexionar sobre el propio pensamiento docente, alientan a tomar un rol activo en la valoración del mismo y “destrabar” formas rutinarias de encarar el objeto de conocimiento (GALLINO *et. al.*, 2000). Es decir, posibilitan vivenciar de manera profunda el proceso de evaluación continua, impulsando procesos de metacognición que permiten una actividad más participativa y libre dentro de un contexto reflexivo y de co-construcción significativa.

El diseño del taller está centrado en las ideas clave del modelo de EpC, vinculándolas con procesos involucrados en la construcción y la enseñanza de los temas tratados, tal como se visualiza en el siguiente cuadro:

Metas de comprensión abarcadoras o hilos conductores de la propuesta del Taller	
Tópico generativo ¿Cómo podemos mejorar la comprensión de la Biología por parte de nuestros alumnos?	Metas de comprensión de la unidad -Existe un marco teórico y estrategias que pueden optimizar los resultados de la enseñanza en términos de comprensión. -Lo central del marco y la metodología de la EpC es la perspectiva del desempeño. -La enseñanza usual de contenidos biológicos no garantiza la comprensión de la biología por parte de los alumnos.
Desempeño de comprensión Desempeño exploratorio Discusión sobre los significados de la comprensión, la relación con comprensión-aprendizaje y las visiones de la comprensión en la enseñanza de la Biología.	Evaluación diagnóstica continua En el desempeño exploratorio los coordinadores formulan preguntas adicionales y contraejemplos tratando de ampliar a una definición coherente de comprensión y diferenciando la del solo registro de información.
Desempeño I. Nazar un ejemplo de incompreensión o comprensión errónea. Explicar cómo lo detectaron, cuáles son los indicadores de comprensión que usaron, si pudieron errandarlo y qué tanta atención pueden prestar a ese tipo de cosas en su práctica de rutina. Puesta en común.	En los desempeños uno y dos los coordinadores supervisarán la tarea de los grupos y señalarán cuándo los conceptos del marco están siendo interpretados correcta o incorrectamente. En la puesta en común del segundo desempeño se pedirá que comparen lo realizado intuitivamente con lo propuesto por la EpC y que evalúen similitudes y diferencias, potencialidades y dificultades del enfoque propuesto. Los coordinadores guiarán al grupo y plantearán preguntas orientadas a que el tópico resultante posea las características que lo definen como tal.
Desempeño II. Presentación de las metas de comprensión del taller. Introducción del marco de la EpC. En pequeños grupos, analizan alguno/s de los casos nombrados previamente e identifican los elementos del marco. Si están ausentes, rediseñan la situación incluyéndolos.	
Desempeño III Formular tópicos generativos para biología celular, genética y evolución. Trabaja en grupos, torbellino de ideas, red conceptual, discusión, formulación. Puesta en común.	En la puesta en común se pedirá que evalúen qué tan difícil les resultó la tarea y qué tanto apoyo encontraron en el hecho de resolverla colectivamente y con apoyo del equipo. Se efectuará el meta-análisis del taller, explicitando este cuadro, y se preguntará si hallan coincidencias o diferencias con la producción propia. Se discutirán las diferencias tratando de explicar los elementos del marco no comprendido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como consecuencia de la implementación de la estrategia descrita, se obtienen dos tipos de resultados, aquellos referidos a la comprensión y otros centrados en los tópicos generativos. Con respecto al primero, los datos se obtienen a partir de la transcripción de las grabaciones realizadas durante el taller, las que se categorizan de acuerdo con los postulados de la EpC y atendiendo a las percepciones y los motivos dados por los docentes. De acuerdo con esto, se observa que los docentes reconocen la comprensión por medio del criterio de “desempeño flexible”, que ocurre cuando el alumno piensa y actúa a partir de lo que ya sabe. Definen la comprensión como un proceso que requiere algo más que reproducir información, es la capacidad de transferir o aplicar hechos y conceptos a diferentes situaciones. La mayoría de docentes acuerda que se deben enseñar formas de pensar en lugar de cumplir extensos programas centrados en los contenidos.

Con respecto a lo que implica la comprensión de conceptos clave de las disciplinas científicas, los docentes esperan que se desarrollen aptitudes intelectuales y hábitos mentales asociados con la indagación. Proponen enseñar menos pero con profundidad. Hacen referencia a una constante investigación activa y colaborativa, pero en este caso particular de los temas biológicos tratados, la actividad de aprendizaje es la búsqueda bibliográfica, centrada en el descubrimiento conceptual, más que en la metodología de investigación científica. Esto exige al docente presentar el proceso de aprendizaje particularmente activo. También, señalan que la enseñanza no debe ser superficial, sino presentar ejemplificaciones y transferencias, permitir conectar creativamente lo que se aprende con otras ideas y situaciones, tanto con los materiales que se presentan, como con

otros complementarios.

En cuanto al segundo grupo de resultados, los docentes elaboran una red conceptual de la que surge como idea más significativa y posible tópico generativo el “origen de la vida” (véase figura 1). Este planteo supera la esquematización clásica del currículo, permitiendo diversas conexiones dentro de la misma disciplina y también con otras, como son la química y la física, posibilitando la incorporación de aspectos referidos a la historia de la ciencia (VALEIRAS, 2002).

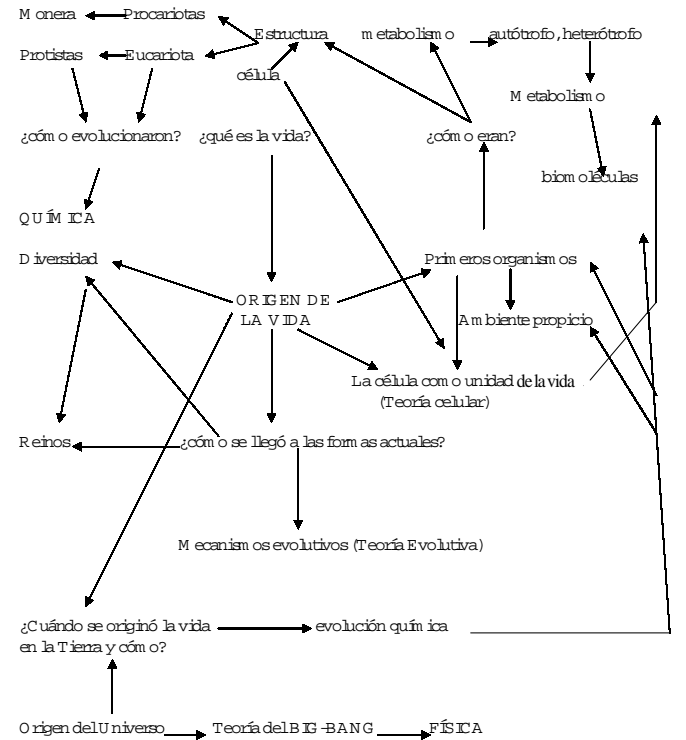


Figura 1: Red conceptual sobre el “origen de la vida”.

Observando la red conceptual de la figura anterior, se puede dirigir el trabajo con los estudiantes, desde por lo menos dos perspectivas, 1) a partir del origen de la vida hacia la diversidad y presentar los diferentes reinos; 2) desde los primeros organismos visualizar célula, y abordar todo lo relacionado con la biología celular. La decisión depende del nivel de los alumnos con que se trabaje y de lo que se propone que estos comprendan (metas de comprensión).

Por otra parte, un aspecto relevante de este tópico es que despierta el interés en temas profundos como lo son, de dónde venimos, qué es la vida, cómo se produce, cuestiones que nos permiten llegar a la teoría celular y a la teoría de la evolución, pilares de la biología actual. El hecho de poder abordar desde el origen de la vida a la teoría de la evolución, hacen este tema aún más importante, ya que esta última es la única teoría unificadora y fundamental de la biología, que ayuda a explicar y dar sentido a la enorme variedad del mundo vivo, además de entender su génesis. La evolución es un concepto estructurante que los biólogos usan para entender el mundo natural. Enseñar biología sin el marco evolutivo despoja a los estudiantes de un principio poderoso que otorga gran coherencia y orden a nuestra aproximación a la vida.

También es importante tener en cuenta el punto de vista de los alumnos. Las experiencias en el aula indican que estas cuestiones referidas al origen de la vida son ampliamente solicitadas por los estudiantes. Las aplicaciones prácticas dependen de cómo diseñe el docente los desempeños exploratorios, cómo abordar este tema, cómo presentarlo. Una forma interesante sería a través del planteo de un problema concreto: ¿puede haber vida aunque no la veamos? ¿Hay vida en un charco de agua? ¿Cómo fue el primer organismo? ¿Cómo se llegó a la gran diversidad de organismos presentes? Es muy probable que dependiendo de la pregunta, surgirán respuestas mixtas desde lo mitológico, lo religioso y lo científico, sumado a las explicaciones de cada época, la cultura y el punto de vista individual. Esto

es interesante para que el docente explore esta diversidad y aclare qué le compete a la ciencia para diferenciarla de las creencias y las preconcepciones.

Otra forma de dirigir la propuesta presentada, podría ser situando al alumno en los comienzos de la vida en la tierra, planteando como situación problema: cómo se llega a la diversidad que hoy se observa. A partir de ello se pueden indagar los mecanismos evolutivos desde distintas posturas: DARWIN, LAMARCK, neutralismos, equilibrios puntuados, de forma tal, que ayuden a realizar conexiones con nuevas estructuras conceptuales.

Una recomendación adicional es, que se debe tener especial cuidado en reforzar las explicaciones científicas sobre el origen de la vida como un proceso natural en la tierra, y en segundo lugar, explicar por qué no se forma vida espontáneamente en épocas recientes. Como toda teoría científica, dado el tiempo y las condiciones definidas para su origen, la vida debería originarse nuevamente para que la teoría sea válida, aunque sea imposible de concretar porque las condiciones del universo variaron enormemente. Se dejan de lado así, teorías que sugieren un origen extraterrestre de la vida (por ejemplo, que fue “sembrada” por otros seres inteligentes, o que las primeras células llegaron a la tierra en un asteroide u otro cuerpo estelar que colisionó con ella) y explicaciones que se apoyan en la creación de la vida por un ser superior.

CONCLUSIONES

- “ Se reconoce la necesidad de implementar nuevas estrategias con los estudiantes para desarrollar la comprensión como una meta superadora a la reproducción de la información.
- “ El desarrollo de aprendizajes comprensivos implica siempre interacción, comunicación y co-construcción del conocimiento.
- “ Existe un marco teórico y unas estrategias presentadas por el modelo de EpC, las cuales pueden optimizar los resultados de la enseñanza en términos de la comprensión.
- “ Una buena selección de los tópicos generativos, tanto el marco conceptual, como las estrategias son necesarias.
- “ Hay que presentar y posibilitar un amplio repertorio de desempeños asociados a la indagación científica, potenciando los procesos de comprensión a partir de lo que el alumno ya sabe.
- “ Es importante a la hora de definir un tópico generativo considerar su significado, la motivación que despierta y la posibilidad de integración conceptual.

- “ Los tópicos generativos permiten abordar un tema desde varios enfoques tendientes a enseñar formas de pensamiento.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Agencia Córdoba Ciencia por haber apoyado este trabajo mediante un subsidio.

BIBLIOGRAFÍA

- BLYTHE, T. y COLABORADORES, *La enseñanza para la comprensión*, Guía para el docente, Paidós, Buenos Aires, 1999, 35-42.
- CIRIGLIANO, G y VILLAVERDE, A., *Dinámica de grupos y educación*, Humanitas, Buenos Aires, 1968, 185-190.
- GALLINO, M., FERRERO, M.T. y CAMPANER, G., Estrategias de apoyo y seguimiento en la implementación de programas de capacitación docente en ciencias naturales, *II Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales*, Argentina, 2000, T2-029.
- GARDNER, H., *La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas*, Paidós, Barcelona, 2000, 133-153.
- GARDNER, H., KORNHABER, M., WAKE, W., *Inteligencia. Múltiples perspectivas*, Aique, 2000, 174-187.
- GARDNER, H., *La mente no escolarizada*, 2ª edición, Paidós, Barcelona, 1997, 23-38.
- GARDNER, H., *La nueva ciencia de la mente*, Paidós, Barcelona, 1987.
- PERKINS, D., ¿Qué es la comprensión?, en STONE WISKE, M., *La enseñanza para la comprensión*, Paidós, Buenos Aires, 1999, 34-56.
- STONE WISKE, M., *La enseñanza para la comprensión*, Paidós, Buenos Aires, 1999, 23-30.
- TISHMAN, S., PERKINS, D., JAY, E., *Un aula para pensar. Aprender y enseñar en una cultura de pensamiento*, Aique. Buenos Aires, 1996, 18-37.
- VALEIRAS, N., La perspectiva histórica como un aporte a la construcción del concepto el origen de la vida, *Pensamiento Educativo*, 2002, 30, 197-221.
- WALTERS, J y GARDNER, H., The development and education of intelligences, en *Essays on the intellect*, Curriculum Development Associates/ Association for Supervision and curriculum Development, Washington, DC, 1985, 1-21.

Received 05.09.2003 / Approved 06.07.2004

Computer-based experiment: determining the Avogadro's number through electrolysis process

Experimento en computador para determinar el número del Avogadro a través del proceso de electrólisis

D. AMRANI, P. PARADIS, A. HENAUULT AND D. PIOTTE

University of Québec, Ecole de Technologie Supérieure - Service des Enseignements Généraux
1100, rue Notre-dame Ouest Montreal (QC) H3C 1K3, Canada
damrani@seg.etsmtl.ca

Abstract

A laboratory experiment to optimize hydrogen volume, with respect to atmospheric pressure, for determining Avogadro's number (N_A), is described. The method is based on the use of a computer-controlled data acquisition and an electrolysis apparatus. This work involved adapting a classic physical chemistry experiment to using modern data acquisition analysis system. Hydrogen volumes used to obtain accurate values of N_A were found to be in the range of 7 to 30 mL. The determined Avogadro's numbers were equal or less than (\leq) 2% compared to accepted values. The procedure was described and the results were presented and discussed.

Key words: electrolysis; computer-based laboratory; pressure; volume; Avogadro's number; datastudio software; science workshop interface and sensor.

Resumen

Se describe un experimento de laboratorio para optimizar el volumen de hidrógeno, con respecto a la presión atmosférica, para determinar el número de Avogadro. El método está basado en el uso de una computadora y un aparato de electrólisis. Este trabajo involucra un experimento clásico de físico química, utilizando un sistema de análisis moderno de adquisición de datos. Los volúmenes de hidrógeno para obtener valores exactos de N_A estuvieron entre 7 y 30 mL. Los valores del número del Avogadro determinados eran iguales o menores (\leq) a 2% comparando con los valores aceptables.

Palabras clave: electrólisis; laboratorio computarizado; presión; volumen; número de Avogadro; software de datastudio; interfaz y sensor para taller de ciencias.

INTRODUCTION

To implement a laboratory experiment for students at our school, employing computer-controlled data acquisition, we have used suitable devices, which were able to do accurate measurements. Avogadro's number (N_A) was estimated by means of Hoffman electrolysis apparatus (Hoffman electrolysis 2001) and a current sensor (Current sensor 1999) interfaced with a computer using Datastudio Program (Data studio 2001). The software allowed the collection and display of real-time data of electric charge due to water electrolysis.

Optimum hydrogen volume (H_2) that could be used, with respect to atmospheric pressure (P_1), for calculating N_A with an error varying between 0.01 to 2% of accepted value, was investigated. Hydrogen volumes and atmospheric pressures considered in this study were ranging from 4 to 30 mL and 96.0 to 105.0 KPa, respectively.

Temperature of the laboratory and total charge (Q) obtained by data acquisition system, for each experiment, were recorded. The height (h), between the liquid (Na_2SO_4 solution) level, which is in contact with atmo-