

LA RELACIÓN SUPERFICIE-VOLUMEN COMO VENTAJA SELECTIVA. SECUENCIA DE ACTIVIDADES DIDÁCTICAS

Marta Alicia Matusevich

Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales - Universidad de Morón, Argentina

[Recibido en Mayo de 2008, aceptado Enero de 2009]

RESUMEN ^(Inglés)

En este trabajo se desarrolla un conjunto coordinado de actividades con el fin de lograr la comprensión de la relación entre la ampliación de la superficie sin el aumento del volumen asociado. Las ventajas de esta respuesta evolutiva se observan a lo largo de toda la escala biológica y en todos los niveles de organización. La secuencia de actividades presentada incluye un modelo material que asegura la consolidación de este contenido conceptual central y la metodología didáctica adecuada para su estructuración en el marco de la ciencia, como también, su posterior transferencia al campo de la biología.

Palabras claves: *relación superficie-volumen; modelo didáctico en biología; evolución; educación en ciencia.*

INTRODUCCIÓN

La omnipresencia de *la ampliación de superficies de contacto sin aumento de volumen asociado* se encuentra a lo largo de toda la escala biológica y en todos los niveles de organización. La emergencia de esta solución ha resultado positivamente seleccionada en innumerables ocasiones a lo largo de la ontogenia de los seres vivos, y subyace como condición en la enorme variedad de configuraciones que éstos presentan. Fuera del ámbito de la biología resulta una respuesta adecuada tanto a problemas de la vida cotidiana como a desarrollos tecnológicos superiores.

Parece necesaria, entonces, que su enseñanza en un curso de biología sea previa a su aparición vinculada a otros contenidos. La índole matemática del tema tiene algún grado de complejidad y exige cierto margen de abstracción. En los libros de escuela secundaria se suelen dar explicaciones breves, a veces en las columnas de los márgenes, para pasar rápidamente a aplicar las conclusiones sin detenerse en el fenómeno mismo. Las explicaciones que se encuentran fácilmente vía Internet, como las muy precisas de José Aguilar Peris (2003) o las de tono más coloquial de Roberto Moreno Colin (2004), no siempre resultan accesibles para los alumnos más jóvenes de un determinado nivel representacional y poca capacidad de transposición teórica aún.

Dado que este tópico se encuentra en el nuevo programa de la asignatura de Biología para segundo año de la escuela media de la Ciudad de Buenos Aires¹, se desarrolló un conjunto articulado de actividades diseñadas para facilitar su aprendizaje, y se presentó en un curso para profesores de los que acompañaban a su puesta en vigencia².

En la fundamentación de dicho programa se afirma que: "La enseñanza pondrá énfasis en la presentación de los modelos como construcciones que se elaboran con el fin de interpretar y anticipar hechos y fenómenos, hará explícitas las preguntas o los problemas que las originan y pondrá en evidencia la relación entre los hechos observados y las explicaciones mediadas por una elaboración intelectual".

El objetivo de este trabajo consiste en mostrar cómo se desarrolló una propuesta que permitía conceptualizar un tema de difícil comprensión por su tratamiento matemático, respetando los propósitos planteados en el programa. En consecuencia, el contenido a enseñar se enfocó con fuerza paralela y equivalente sobre la noción a construir y el modo de lograrlo. Bajo estas consideraciones se presentó una secuencia didáctica de actividades (Nemirovsky, 1999) con el fin de lograr la estructuración de la relación superficie-volumen como respuesta ventajosa a una gran cantidad de desafíos que los seres vivos debieron superar a lo largo de su historia en la tierra.

FUNDAMENTACIÓN DE LA SECUENCIA DE ACTIVIDADES

La construcción de nociones centrales mediante el planteo de problemas y que además estos sean resueltos efectivamente por los estudiantes, -es decir, de forma autónoma sin la ayuda del profesor o de los textos- es un propósito permanente en la enseñanza de las ciencias escolares. En biología se ha logrado para un número relativamente pequeño de contenidos por las características epistemológicas de la asignatura. Aún así, la resolución de problemas sobre alguna idea relevante, no siempre asegura por sí misma la apropiación de ésta en su extensión -dentro del marco de la biología o en sus aplicaciones, y fuera de ella cuando la hubiere- ni tampoco el valor heurístico de dicha noción. Esta circunstancia ha hecho que, buscando asegurar el aprendizaje de los modelos biológicos actuales, en muchas ocasiones se reemplazara la presentación de problemas por "investigaciones" de los contenidos.

Un aliado de la ciencia escolar resulta la elaboración de modelos en la enseñanza. Estos devienen de un largo proceso de simplificación de los modelos elaborados por los científicos - cuya expresión tiene formas complejas o abstractas - que intentan mantener el carácter representativo de las nociones que se quieren explicar. (Justi, 2006). Uno de los modelos utilizados en el proceso de enseñanza-aprendizaje en ciencias, es el que opera relacionando una situación familiar al alumno o análogo con otra desconocida o blanco. Dado que se trata de un proceso, la transferencia analógica exige la construcción de un modelo más profundo que la mera asociación directa de atributos entre el blanco y el análogo (Oliva, 2004).

¹ Actualización de programas de nivel medio - Programa de Biología, 2º año, Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires Resolución N°1636/SED/2004

² Curso en sede 1º cuatrimestre 2006 - Escuela de capacitación docente - Centro de Pedagogías de Anticipación (CePA)

También estas acciones ofrecen ventajas y desventajas al evaluar sus resultados. Existe el peligro de que el alumno no construya mentalmente la interpretación analógica adecuada o que dicha interpretación no tenga lugar (Fernández González, González González y Moreno Jiménez, 2005).

En consecuencia la aplicación de un análogo concreto en las actividades requiere desde el punto de vista didáctico ciertos cuidados, pero resulta particularmente interesante cuando a partir de esa aplicación se establece la base para la elaboración de un buen número de nuevos contenidos tanto conceptuales como procesuales.

En el caso de la enseñanza de la relación superficie-volumen, con un entramado de situaciones estructuradas que incluyeron problemas cuantitativos relativamente sencillos y la aplicación de un análogo concreto, se intentaría superar los obstáculos planteados, lograr el aprendizaje autónomo y la formación del modelo mental del fenómeno en el alumno. Con ello se comprenderían las aplicaciones propuestas en el campo de la biología, a distintos niveles de organización, células, tejidos y órganos. Además se reconocería su eficacia en los muchos ejemplos tanto biológicos como extrabiológicos en los que se destaca su alcance. Se buscaría, también, una profunda discusión sobre su selección positiva.

DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA DE ACTIVIDADES

Primera actividad

Presentación del problema...

- a) Si el volumen de un cubo A de 15cm de arista es de 3375cm^3 , ¿Qué superficie tendrá cada una de sus caras?

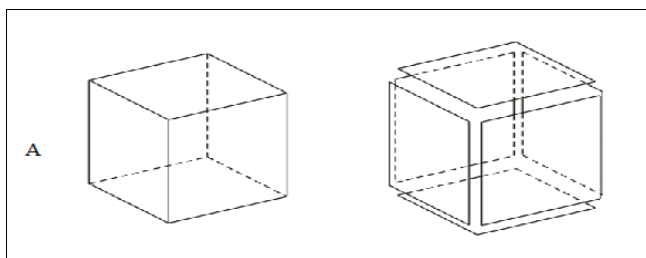


Figura 1.- Presentación del cubo A y de sus lado.

- b) Si tuviéramos cubitos B de 5cm de arista para formar un cubo A' del mismo volumen que A ¿Cuántos cubitos necesitaríamos?
- c) ¿Podríamos dibujar el cubo A' junto al cubo A formados por los cubitos correspondientes?
- d) Si tuviéramos que cubrir con papel todas las caras de los cubitos de ambos cubos, ¿podríamos calcular la cantidad de papel a utilizar? ¿necesitaríamos la misma cantidad de papel o para alguno de los dos necesitaríamos más?

Materialización del problema y comparación de las soluciones matemática y fáctica

Vamos a utilizar como insumo un cubo de telgopor de 15cm de arista al que llamaremos A y 27 cubitos de 5cm de arista para formar un segundo cubo A' de 15cm de arista también.

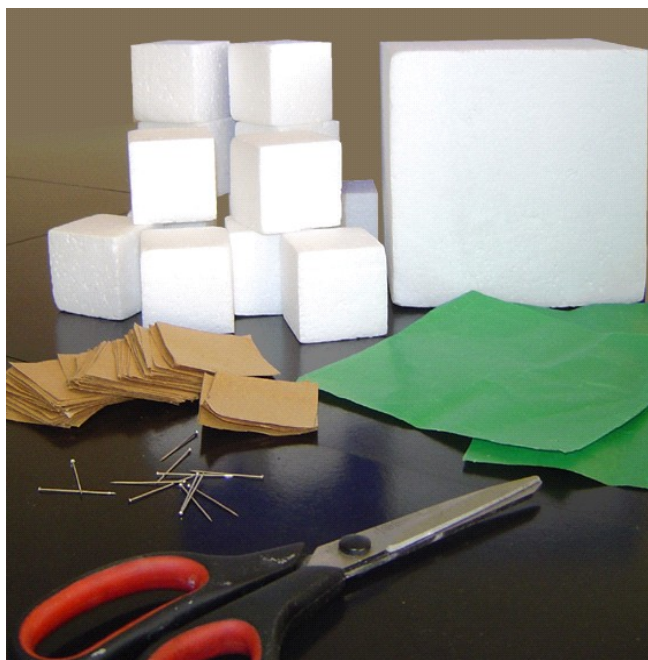


Figura 2.- Materiales necesario,

Experimentaremos con alfileres y papeles de dos colores para corroborar si los cálculos anteriormente realizados coinciden con el modelo material. Cubriremos con cuadrados de papel de uno de los colores las 6 caras de A sujetándolos con alfileres o chinchas. Con el papel del otro color haremos lo mismo sobre todas las caras de los cubitos B que forman A'.



Figura 3.- Solución empírica.

Nuestro modelo está listo y frente a él repetamos la pregunta de nuestro problema y reconsideremos si la respuesta que hemos dado sigue satisfaciéndonos:

Si tuviéramos que cubrir con papel todas las caras de los cubitos de ambos cubos, ¿podríamos calcular la cantidad de papel a utilizar? ¿necesitaríamos la misma cantidad de papel o para alguno de los dos necesitaríamos más?

Corroboración de los resultados...

Quitemos los papeles del cubo A y formemos una figura geométrica e igualmente hagamos con A'. Si es posible tratemos de superponer A sobre A'.

¿Existen o no diferencias con los resultados anticipados?



Figura 4.- Corroboración de los resultados.

Midamos y calculemos la superficie de ambas figuras. ¿Existen o no diferencias con los cálculos previos?

Explicamos nuestras conclusiones y anticipemos cómo será la superficie de un cubo A'' de 15cm de arista, y por lo tanto de 3375cm³ de volumen como A y A', formado por cubitos de 1cm³.

Segunda actividad

La relación superficie- volumen y las ventajas de la multicelularidad

a - Explicamos mediante el sistema de cubos las siguientes afirmaciones:

Los componentes como el oxígeno, el dióxido de carbono, los iones, las moléculas de alimento y los productos de desecho que entran y salen de una célula viva deben atravesar su superficie limitada por una membrana. Estos deben intercambiarse rápidamente con el ambiente para que la célula siga funcionando. En las células más pequeñas, la **relación superficie a volumen** es mayor que en las células de mayor tamaño y, por lo tanto cantidades proporcionalmente mayores de sustancias pueden moverse hacia adentro o hacia fuera en un período dado de tiempo³.

"En la evolución resultó privilegiada la **profusión de lo pequeño**"⁴.

b - Si una célula creciera mucho ¿qué inconvenientes tendría?

³ Adaptación de Curtis, Helena; Barnes, N. Sue. *Biología 7ª edición* (2008) p. 33

⁴ Wagensberg, Jorge. "Ideas sobre la complejidad del mundo", Tusquets editores (1985)

Tercera actividad

La relación superficie – volumen en tejidos y órganos

a) Una de estas dos imágenes corresponde al interior de los pulmones adonde se intercambia oxígeno y dióxido de carbono ¿Cuál de estos respondería mejor a la necesidad de un intercambio rápido y eficiente?

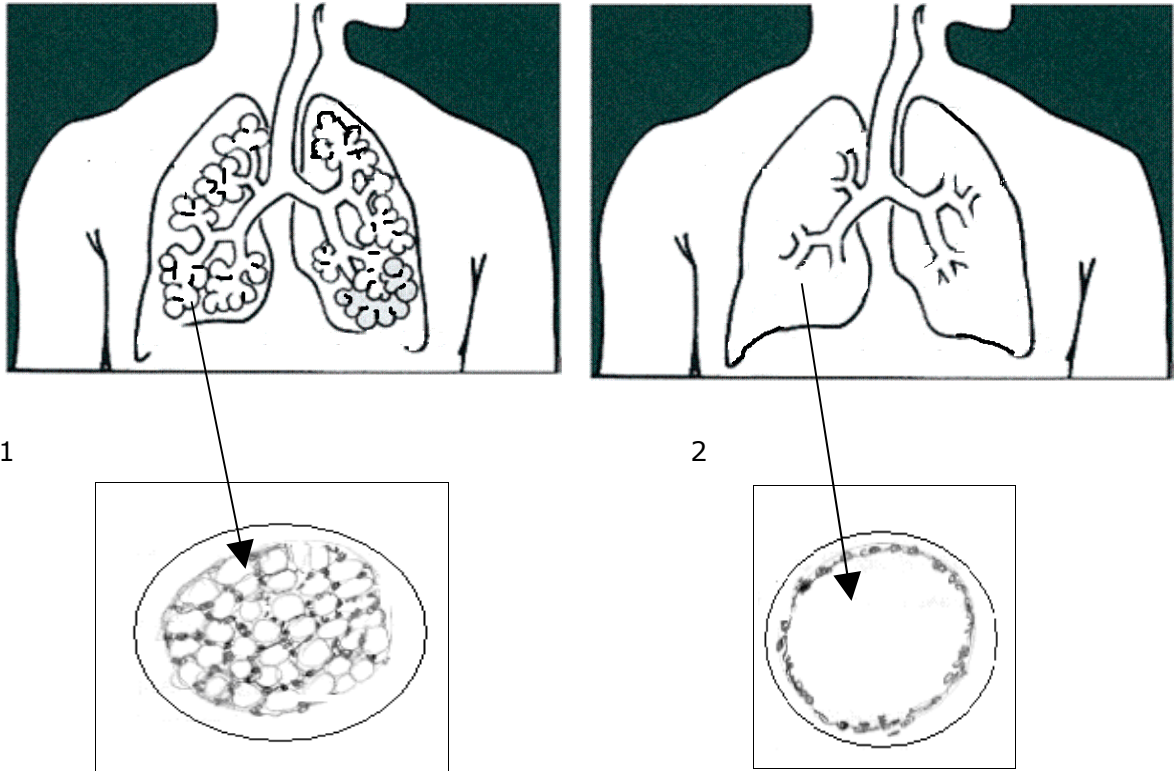


Figura 5.- Aplicación 1.

b) Uno de estos dos esquemas corresponde a una porción del intestino delgado adonde se absorben la mayoría de los nutrientes. La otra es una porción del esófago por la que los nutrientes sólo pasan camino al estómago. ¿Cuál representa a cada uno de ellos?

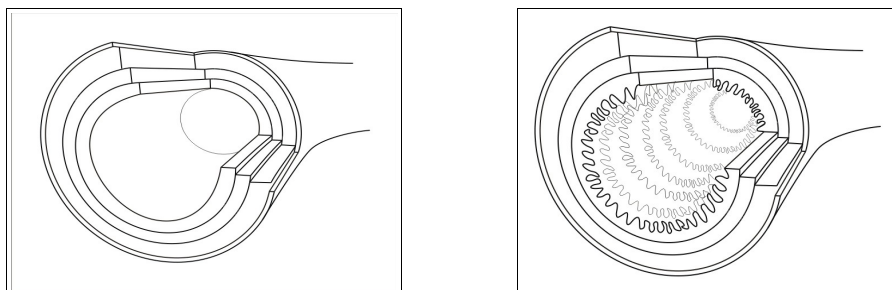


Figura 6.- Aplicación 2.

c) Confirmemos mediante bibliografía nuestras elecciones

Cuarta actividad

Al encuentro con la relación superficie-volumen

- a) Busquemos elementos de la vida cotidiana que ofrezcan una importante superficie de contacto o de exposición y cuya construcción se logra con un volumen significativamente pequeño.
- b) Busquemos ejemplos en poblaciones –hongos, insectos, plantas - cuyos individuos muestren en algún órgano o sistema alguna ventaja explicable a la luz de esta respuesta adaptativa.

CONCLUSIONES

Esta secuencia didáctica fue desarrollada con la idea de ofrecer un ejemplo en la labor áulica y resultó altamente valorada por los docentes asistentes. Si bien éste es un trabajo piloto que no permite afirmar las bondades asumidas, las pruebas informales y las evaluaciones de los participantes, impulsaron la divulgación de un instrumento que se muestra útil y que puede ser revisado y modificado en función de la propia práctica.

Más importantes aún, fueron los resultados obtenidos frente a la solicitud de elaborar diseños secuenciales propios con el propósito de enseñar la biología del cuerpo humano. Se pudo observar, en casi todas las propuestas, actividades que incluían el aumento de la superficie sin volumen asociado, allí adonde ésta facilitaba la comprensión de la anatomía y la fisiología humanas.

Los resultados de la implementación de esta propuesta indican que la misma permitiría la estructuración conceptual de la relación entre la superficie y el volumen y su transferencia al campo de la biología en forma congruente con la metodología esperable en un curso de ciencias de acuerdo al programa vigente.

Con respecto a la relevancia del contenido tratado, es de destacar que este modo recurrente de aumento de la interfaz dentro del mundo viviente, se impone como invaluable dentro de los contenidos a enseñar. Se pueden mencionar algunas de las muchas razones para considerarlo así unidas al aporte que se ha deseado realizar.

Junto a la noción ya adquirida de célula, permite el fortalecimiento de la comprensión de la de **membrana celular** frente a cualquier falsa idea de mero límite físico y su significado como transición entre un adentro y un afuera. En los pocos ejemplos planteados se pretende revelar esta explicación como fructífera tanto a nivel celular, tisular como de órganos. Los casos presentados, entre muchos posibles, apuntan a visualizar la eficiencia de esta respuesta en los seres vivos, que se podrían ampliar para un gran número de tejidos, órganos y sistemas en especies de cualquier reino.

Se aprecia su valor dentro de las teorías rectoras de la biología actual por ejemplo, en el pasaje de la **unicelularidad a la multicelularidad** al permitir inferir algunas de las condiciones de posibilidad de este salto organizacional con relativa sencillez.

Más aún, las actividades propuestas intentan el acercamiento a la noción de **variedad** y de **ventaja** como también pueden aportar a la idea de **cambio** con **permanencia** necesarios, para la consolidación como concepto estructurante (Gagliardi, 1986) de la **evolución biológica**.

El recurso empleado en la modelización intenta actuar como puente efectivo entre el nivel operatorio requerido y el tópico planteado, al presentar el problema desde una situación concreta y cercana a los alumnos, como también resolver hipótesis en forma deductiva y finalmente confrontarlas. Pueden completar los objetivos metodológicos, la interpretación de los resultados experimentales, la construcción de un modelo en el que se relaciona el aumento de la superficie sin el del volumen, su aplicación a otros niveles de organización y la investigación bibliográfica confirmatoria. Se pueden lograr además, algunos objetivos colaterales como la aplicación de nociones matemáticas supuestamente consolidadas, - el cálculo de la superficie y del volumen - y la introducción a la idea de error experimental frente al cálculo formal. Este trabajo piloto puede constituir, entonces, la puerta de acceso a otras nociones del campo de la biología así como a sus teorías centrales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Peris, J. (2003). Dimensiones y leyes de escala en la ciencia y la técnica. En línea en: http://www.matematicas.profes.net/archivo2.asp?id_contenido=38179
- Curtis, H.; Barnes, N.; Schnek, A.; Massarini, A. (2008). *Biología*, 7ª edición en español, Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana
- Fernández González, J.; González González, B.M.; Moreno Jiménez, T. (2005). La Modelización con Analogías en los Textos de Ciencias de Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 430-439
<http://www.apac-eureka.org/revista/revista@apac-eureka.org> [Consulta: marzo 2006].
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de Las Ciencias*, 4(1), 30-35
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de Las Ciencias*, 24(2), 173-184
- Moreno Colín, R (2004). La relación superficie/volumen: un patrón de optimización de intercambio de materia, energía e información en los seres vivos. *Gazeta Iztacala UNAM*, (232), 2-3, <http://www.gaceta.iztacala.unam.mx>
- Nemirovsky, M. (1999). *Secuencias Didácticas en Sobre la Enseñanza del Lenguaje Escrito*, México: Editorial Paidós
- Oliva, J.Mª. (2004). El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3). En línea en: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero3/ART7_VOL3_N3.pdf
- Wagensberg, J. (1985). *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Barcelona: Tusquets editores

THE RELATIONSHIP SURFACE-VOLUME AS A SELECTIVE ADVANTAGE. SEQUENCE OF DIDACTIC ACTIVITIES

SUMMARY

This study developed a group of related activities to achieve the comprehension of the relationship between the enlargements of the surface area without the increase in volume. The advantages of this evolutionary response are observed at every organization level of the biological scale. The sequence of activities reported includes a simple model that allows, through the appropriate didactic methodology, the understanding of this central idea and its structuring within a general scientific framework as well as, specifically the transposition to the biological field.

Key Words: *relationship surface area-volume; evolutionary response; didactic biological model, science education.*