



HERRAMIENTAS DE LA PEDAGOGÍA CONCEPTUAL EN EL APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA (Estudio de caso)

María Victoria Vargas-Quintero

*Departamento de Biología, Grupo de Enseñanza de las Ciencias,
Facultad de Ciencias,
Pontificia Universidad Javeriana, Carrera 7ª 43-82 Bogotámvargas@javeriana.edu.co*

RESUMEN

Se presentan los cuadros sinópticos como herramientas para apropiar conceptos y organizar información en torno a la biología celular. Se revisa la utilidad de estas herramientas para hacer cambios conceptuales en torno a la estructura y función celular. Se encuentra que los alumnos que no se apoyan en las herramientas gráficas tampoco resuelven un ejercicio, en tanto que el 57% de los que hacen los gráficos resuelven el ejercicio satisfactoriamente. Esta metodología ayuda a identificar problemas de comprensión y ubicar conceptos que son poco utilizados.

Palabras clave: Concepto, célula, aprendizaje, cuadros sinópticos.

ABSTRACT

The synoptic squares are presented as learning tools for incorporating concepts and organizing information in cellular Biology. The usefulness of these tools for producing conceptual changes about cellular structure and function is reviewed. It was found that students that did not use the graphic tools could not solve the exercise. 57% of those students that used graphics were able to solve the exercise. Analysis of graphics allows the teacher to identify learning problems in students. The analysis of the frequency of the concepts used to solve the exercise also allows for the identification of concepts that are less used.

Key words: concept, cell, learning, synoptic squares.

INTRODUCCIÓN

El avance continuo de la biología evidencia la importancia de aprender-a-aprender, sin que se puedan cerrar las etapas de estudio en períodos de tiempo definidos, pues es necesario: conocer, comprender, organi-

zar, relacionar y valorar los nuevos aportes. En ese mismo orden de ideas, la biología celular se nutre, de manera sinérgica, con el progreso de la biología molecular, la bioquímica, la genética y la tecnología. En consecuencia, cada vez hay más y más tema que estudiar que de acuerdo con De Zubiría

(1998, p. 67) “puede dividirse en dos grupos de “cosas” opuestas: a) informaciones específicas. b) Instrumentos de conocimiento. Las informaciones específicas son eso; específicas, referidas a un objeto, a una situación... Los instrumentos de conocimiento son eso: instrumentos, herramientas mentales para comprender la realidad real y la simbólica”. De allí la utilidad de las herramientas de aprendizaje que contribuyen al ideal de discernir entre lo uno y lo otro para poder construir y remodelar estructuras conceptuales sólidas formando un pensamiento científico con ideas claras y ordenadas.

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El estudiante que no discrimina entre información y conceptos (instrumentos de conocimiento) se satura de datos que le dificultan la posibilidad de utilizarlos en forma creativa, porque “la inteligencia humana depende en mayor medida de la calidad y cantidad de instrumentos de conocimientos disponibles que de las informaciones específicas almacenadas” (De Zubiría, 1998, p. 70) y al entremezclar información y conceptos se reduce la eficiencia del proceso cognitivo.

Por lo anterior es importante ayudar al estudiante a que guarde a largo plazo conceptos que le serán útiles en procesos de alta exigencia cognitiva como el análisis de problemas, la toma de decisiones y la producción de nuevas ideas. Durante la formación universitaria se debe orientar al alumno en la adquisición de herramientas de conocimiento; es decir, que apropie métodos para discernir, organizar, buscar relaciones y comparar. De ahí que en las clases sea conveniente limitar la cantidad la información presentada por el docente y privilegiar la exploración de conceptos y proposiciones, pues en tanto se afiancen resultan fundamentales para apre-hender.

No quiere decir que la información no sea importante, por el contrario es lo primero que se revisa para asegurarse de que una pregunta de investigación aún no ha sido resuelta. No obstante, las herramientas de conocimiento son más eficaces como estrategias para pensar porque ayudan a almacenar de manera organizada y significativa, en la memoria a largo plazo, e inferir sobre las consecuencias lógicas de la información que al ser más abundante y particular puede ser revisada por el estudiante, en espacios y tiempos adecuados, cumpliendo de esta forma al llamado a la flexibilización curricular.

La primera etapa de procesamiento corresponde a la diferenciación entre conceptos e información; los primeros son definidos como generalizaciones que explican una amplia realidad, en tanto que la información es aplicable a casos muy particulares. La temperatura, por ejemplo, es un concepto, pues explica una propiedad de cualquier material, en tanto que el enunciado “la temperatura del cuerpo humano es 37°C” es una información específica. Según Carey (1992) los conceptos son unidades de representación mental aproximadas a la esencia de las cosas o las palabras. De Zubiría (1998) los presenta como instrumentos de conocimiento. Si los conceptos están en una red conceptual, es decir, relacionados con otros conceptos, lo nuevo cobra sentido pues se articula con lo existente, facilitando así un aprendizaje significativo. Para ejemplificar y ayudar en esta labor de diferenciación se puede acudir al siguiente fragmento de un texto:

“Al colocar eritrocitos de mamífero en una solución salina (NaCl, pH 7.4), éstos no conservan su tamaño ni su forma a menos que se encuentren en presencia de una concentración bien precisa, llamada isotónica (0.9%). Cuando la concentración es inferior (solución hipotónica), los eritrocitos se inflan y absorben agua; esta turgidez

termina en la hemólisis y el escape de la hemoglobina ... Cuando la concentración es superior se produce un desplazamiento de agua en sentido inverso y los eritrocitos se encogen porque su volumen hialoplásmico disminuye (presentan un aspecto aplastado característico); por tanto, la solución se denomina hipertónica y se dice que la célula experimental plasmólisis. El desplazamiento de agua a través de la membrana ocurre del medio más diluido, que contiene menos sustancias disueltas, hacia el medio más concentrado. La ley de la ósmosis es un simple reflejo de la ley general de la difusión aplicada” (Callen, 2000, p. 149).

En el párrafo hay los siguientes conceptos que son importantes para el tema celular: isotónico, hipotónico, turgidez, hemólisis, y plasmólisis, el resto es información.

Se puede ejemplificar también con el modelo de mosaico fluido que explica la estructura de la membrana celular; el modelo corresponde a un concepto porque aclara la organización de lípidos, proteínas y glúcidos de todas las células. Es una herramienta de conocimiento para comprender las propiedades y el funcionamiento de la membrana en fenómenos tales como el paso de sustancias, el sellamiento, la fusión y el desprendimiento de vesículas membranosas. En otras palabras, este concepto es una generalización aplicable a células diferentes. Datos como este: la membrana plasmática del hígado normalmente tiene un 17% de colesterol con relación al peso total de lípidos en tanto que en la de un glóbulo rojo haya un 23% corresponde a información particular (Alberts, 2003). Cuando se aprende a diferenciar, se comprende que los conceptos sirven como herramientas para comprender diversidad de fenómenos y analizar situaciones futuras en la vida profesional.

La segunda etapa de procesamiento de la información propuesta en el curso de biología celular, objeto de este estudio, es la utilización de herramientas gráficas para el aprendizaje de conceptos tales como los mentefactos o mapas categoriales, que son “formas gráficas, muy esquematizadas, elaboradas a fin de representar la estructura interna de los conceptos” (De Zubiría, 1998, p. 127). Los mentefactos permiten jerarquizar y ordenar conceptos que también pueden ser relacionados en los mapas conceptuales. Como herramientas para organizar información se recomiendan los cuadros sinópticos y los diagramas. Según Tobón (2004) los mapas constituyen estrategias docentes que ayudan a que se encuentre sentido a lo que aprende porque: promueven la activación de conocimientos previos, ayudan a reconocer su valor y enlazar nuevos conceptos.

Además, la disciplina de ordenar ideas es de gran importancia De Zubiría (1998, p. 179) señala que los “conocimientos semejan una gigantesca estantería de libros sin orden; botados y regados por el piso, ni siquiera libros, hojas sueltas, frases sueltas. Nadie nos enseñó a organizar los conocimientos que ingresan a nuestro cerebro. Así, gran parte de ellos resulta estéril, inútil”. Al elaborar mentefactos, se filtra y organiza la información recibida. El valor de los mentefactos procede de su carácter visual pues se describen, o traducen, en un código gráfico las ideas que surgen de signos lingüísticos organizados en frases.

El uso de las herramientas gráficas propuestas exige organizar la estructura interna del concepto en operaciones como: supraordinar (ubicar a los conceptos en la categoría a la que pertenece), isordinar (definir), excluir (diferenciar), e infraordinar (encontrar aplicaciones) (véase figura 1).

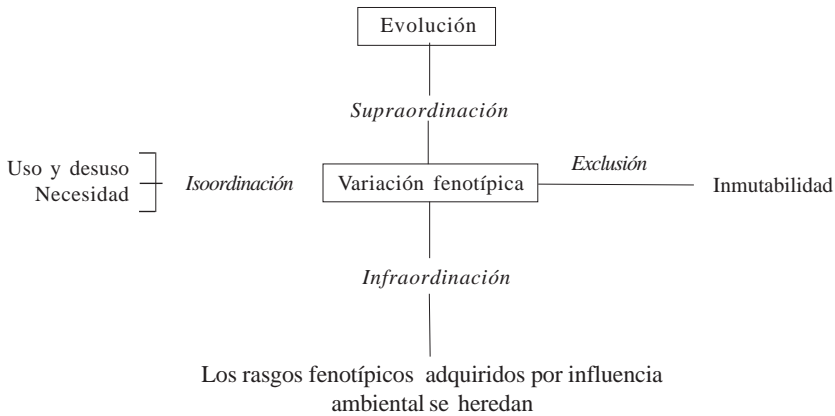


FIGURA 1. Mapa conceptual de la visión lamarkista de la evolución.

En la figura 1, se esquematiza la estructura del concepto de variación fenotípica de una especie. De esta forma facilita la comprensión de conceptos, y se ayuda a construir en la memoria a largo plazo la estructura central de los conceptos.

De acuerdo con De Zubiría (1998) existen cuatro clases generales de instrumentos cognitivos, o herramientas de conocimiento para interactuar con la realidad (figura 2): nociones, proposiciones, conceptos y categorías que en conjunto denominamos como ideas por cuanto son pensamientos que no tienen realidad sino en tanto que son pensados; entre ellas están las nociones que son las herramientas básicas que asocian palabras, objetos e imágenes. Así

por ejemplo de niños aprendimos la palabra “papá” que se convirtió luego en una noción con nombre e imagen, vimos y llamamos a nuestro papá diferenciándolo de otras personas; luego aprendimos que los otros también tienen padre y transformamos la noción en concepto que es una generalización flexible por cuanto se adapta otros seres con ese vínculo filial; formulamos proposiciones tales como: *Todos los individuos tienen un padre y una madre quienes les transmiten caracteres hereditarios*, podemos así establecer categorías tales como familia, padres, hijos, etc. Todas estas herramientas del pensamiento pueden graficarse en los respectivos mentefactos nocionales, proposicionales, conceptuales, etc...

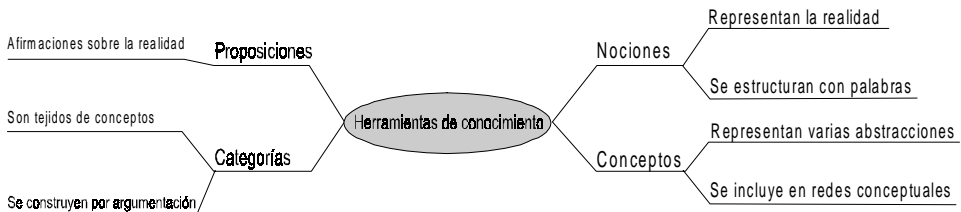


FIGURA 2. Herramientas de conocimiento.

La habilidad del pensamiento para organizar y discernir lo que se percibe, puede estar acompañada de otras habilidades, Tobón (2004) que permiten continuar el procesamiento de la información, tales como: la capacidad de analizar, profundizar y argumentar, la apertura de adop-

tar y analizar críticas, la creatividad para formular propuestas novedosas o plantear hipótesis y razonar para ponerlas a prueba y la indagación relacionada con hacer preguntas a partir de nociones, conceptos e informaciones (pertinentes, apropiadas y substanciales), (figura 3).

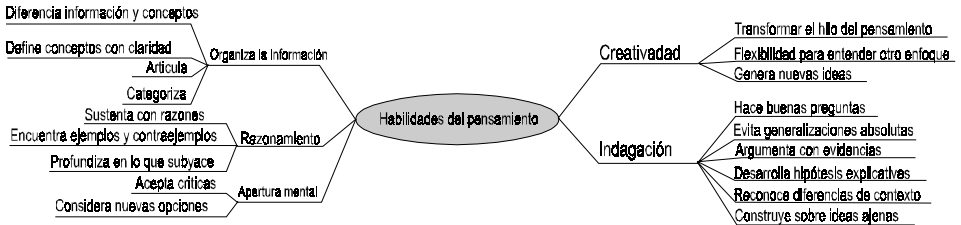


FIGURA 3. Habilidades del pensamiento.

MAPAS CATEGORIALES Y CAMBIO CONCEPTUAL

La habilidad de organizar los conceptos según Claret (2003) es una aproximación para el cambio conceptual que se basa en la organización de las representaciones mentales, que se pueden graficar en aras de una mayor claridad. Los cambios conceptuales exigen la modificación de algunos errores conceptuales que son difíciles de erradicar. Por esto se debe ayudar a que el estudiante universitario cambie algunas nociones y concepciones erróneas o que haga un cambio de significado y encuentre nuevos sentidos. A medida que se avanza en la identificación de concepciones erróneas en las ciencias y en la importancia de utilizarlas para ayudar en la evolución conceptual, hay consenso “en reconocer la gran dificultad para comprender cómo ocurre y en cómo lograr que la didáctica de las ciencias lo potencie” (Tamayo, 2003, p. 53).

En el curso de biología celular, objeto de este estudio se encuentran infinidad de casos. Con frecuencia, que los estudiantes traen una visión elemental de la estructura

y función celular en la que no faltan concepciones erróneas como por ejemplo: la visión de la membrana celular como un elemento sólido y poroso que regula el tránsito de sustancias únicamente por su tamaño o, la idea de la célula con una lámina plana, compuesta de estructuras estáticas en cuyo interior ocurren procesos dinámicos. En la medida en que se avanza se siguen encontrando numerosos ejemplos. Tal es el caso del concepto lamarkista de adquisición de caracteres por necesidad, o por uso, que en su tiempo concluye en el planteamiento de la herencia de caracteres adquiridos (fig. 1). Aunque los alumnos reconocen al lamarkismo como concepción evolutiva errónea, dudan cuando leen el artículo de Danchin (1989) quien critica la interpretación de Cairns (1988) de los resultados obtenidos con colibacilos incapaces de degradar lactosa (a causa de una mutación que impide la síntesis normal de la enzima β galactosidasa), que después de agotamiento del nutriente dejan de crecer. Después de algunos días empiezan a resurgir pequeñas colonias bacterianas sobre las senes-centes. Constata que esas colonias, que se presentan con una alta frecuencia

han adquirido la capacidad de utilizar lactosa y la transmiten a sus descendientes lo cual indicaría, según Cairns, que el medio indujo “a sabiendas” el metabolismo, o lo que es lo mismo, que las bacterias adquieren caracteres inducidos por el medio...

La primera interpretación de tipo lamarquista, considera que las bacterias cambian por necesidad ante la escasez de alimento, como la jirafa cambió su cuello por necesidad de comer frutos en las ramas altas y resulta muy útil para confrontar la solidez de los conceptos evolutivos de los alumnos.

Para analizar con mayor claridad se acude sintetizar la situación con los estudiantes y a revisar algunos conceptos de la siguiente manera:

1. Cuando se cultiva una cepa de *E. coli* sobre un medio desprovisto de lactosa, la β galactosidasa está ausente.
2. Si hay lactosa en el medio se produce la enzima en abundancia por lo que se establece que la lactosa induce el sistema que codifica varias enzimas relacionadas con la asimilación del nutriente. Este caso corresponde al de un sistema inductible. La lactosa inactiva a la proteína represora del operón de la lactosa, y por lo tanto, es incapaz

de fijarse sobre la porción operadora del genoma.

3. Existen las siguientes clases de mutantes:

- Los que tienen alterada la función de la enzima β galactosidasa.
- Mutantes constitutivos. Tienen la enzima β galactosidasa normal aun| que no haya lactosa.
- Mutantes hiperreprimidos. Su operación no es inducido por la lactosa por una de dos de las siguientes razones: primera, porque una mutación alteró la secuencia donde se debía pegar el represor. Segunda porque una mutación modificó la estructura del represor y no se puede ubicar sobre el operador.

El sistema *represor lac* puede diagramarse (figura 4) es un sistema inductible porque la lactosa induce la producción de la enzima que la degrada y determina su asimilación. Se contraponen al sistema represible que funciona al contrario pues es la presencia de una sustancia en el medio la que hace que la bacteria cese la producción de una proteína

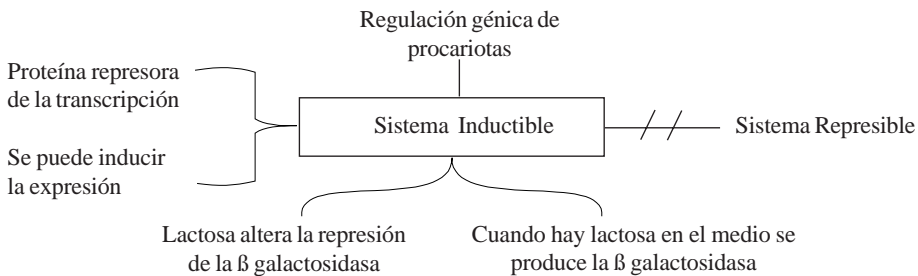


Figura 4. Regulación génica en bacterias mediante un sistema inductible (operón de la lactosa).

4. La resistencia de las bacterias a los antibióticos se puede dar por: mutación o por adquisición horizontal de nuevos genes Baquero (2002).

Articulando estos conceptos el estudiante llega a la segunda interpretación basada en una hipótesis no lamarkista. Las bacterias mutan en condiciones de stress, como es la falta de nutrientes.

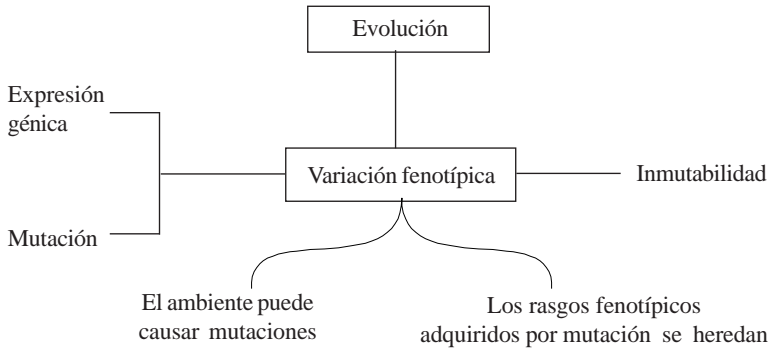


FIGURA 5. Visión no lamarkista del cambio fenotípico.

Al comparar las figuras 1 y 5 se ve que el concepto se redefine en su naturaleza de acuerdo con (Tamayo, 2003, p. 57) quien plantea que “el cambio conceptual es más que el simple cambio de creencias, e incluye la adición, la eliminación de conceptos o la redefinición de la naturaleza de las jerarquías.

Aunque los constructivistas han propuesto diversas estrategias entre las cuales se destaca la de promover situaciones que generen conflictos cognitivos; con el paso del tiempo se ha visto que algunos preconceptos se resisten a ser cambiados. En este caso el cambio necesita ser reforzado desde diversas áreas de la biología para que el estudiante lo ponga a prueba hasta afianzarlo.

Partiendo de buenas experiencias con las herramientas gráficas mencionadas se hace un ejercicio con los alumnos para evaluar su aceptación, y utilidad para lograr cambios conceptuales. Después de presentar las herramientas mencionadas y aplicarlas a lo largo del curso, el docente invita a los estudiantes a preparar su examen resumiendo

todos los temas, en mapas categoriales y cuadros sinópticos, de tal forma que se pueda tener un indicativo del proceso de estudio y de la capacidad de discernimiento. Adicionalmente se indica que los estudiantes pueden utilizar sus gráficos en el examen y entregarlos junto con éste.

El examen se diseña de tal forma que el estudiante integre conceptos para argumentar el concepto de dinamismo celular; se espera que de esta manera demuestre el cambio conceptual de la célula estática en sus estructuras a una dinámica en la que, por ejemplo, los componentes membrenarios se mueven (fluidez), los del citoesqueleto se polimerizan y despolimerizan (inestabilidad dinámica), la cromatina se enrolla y desenrolla, se añaden nuevas proteínas en la membrana (inserción cotransduccional) etc. y de esta forma vayan buscando argumentos de esta inestabilidad dinámica de la estructura celular. Para responder el problema planteado en la pregunta se puede acudir a los mentefactos, elaborados por cada alumno, y articular conceptos allí trabajados.

El día del examen final catorce alumnos que representan el 34% de los registrados en el curso objeto de este estudio, no llevan los mentefactos. Se puede pensar que en algunos casos la estrategia no corresponde con el propio estilo cognitivo o no les motiva. Todos los alumnos de este subgrupo que no entregan mentefactos reprueban el examen sin que sea fácil realizar inferencias sobre su pensamiento, a partir de los desempeños.

En contraste con ese caso, el 57% del grupo de los alumnos que sí los hacen aprueban la evaluación. Si bien los resultados del grupo que usa los gráficos son mejores, no alcanzan el ideal de un 100% de aprobación.

Con el objeto de explorar en torno a las causas de reprobación entre aquellos que hacen los gráficos, se examinan los mentefactos tratando de evitar así el reducir la explicación de su fracaso en el examen como el desinterés y la falta de estudio. La revisión requiere de mucha apertura para tratar de entender las relaciones que cada uno de los alumnos establece tratando de entrar en el mundo de los significados del respondiente y sin comparar con el esquema personal del docente. Al mirar los gráficos se vislumbran las “representaciones de los alumnos sobre los conceptos y su evolución como resultado de los procesos de enseñanza, será posible entender mejor cómo éstas evolucionan, cómo se transforman, qué relaciones podemos establecer con el desarrollo de los conceptos científicos y sus formas de representación a nivel didáctico como personal, qué transposiciones didácticas son más frecuentes en la enseñanza y cómo éstas inciden en la evolución conceptual de los estudiantes” Claret (2003, p. 49).

En algunos casos se encuentran los siguientes problemas en los alumnos:

- Dificultad en diferenciar información de conceptos, lo cual se evidencia cuando los alumnos escogen datos puntuales de una situación para elaborar sus gráficos, y en los errores en la determinación de qué es un concepto, reflejado en la dificultad de encontrar la forma de designarlos.
- Problemas de síntesis manifiesto en la incapacidad de encontrar las ideas principales y escribir frases y párrafos en lugar de palabras dentro de los gráficos.
- Dificultades en la categorización reflejadas en el desorden y la incapacidad de encontrar conceptos supraordinales o infraordinales.
- Simplificación excesiva evidente en esquemas que no corresponden al nivel de profundidad de un curso universitario o en trabajos incompletos producto de poca dedicación en tiempo.
- Apego a la información en cuadros sinópticos lo que puede ser producto de un historial educativo transmisivista y en los que incluyen datos secundarios. En algunos casos los cuadros sinópticos tienen errores de categorización para agrupar la información.

En todos los exámenes se analiza la frecuencia con que se usan los conceptos para resolver la pregunta. De igual forma de los que tienen menor frecuencia se consideran indicadores de dificultades conceptuales que pueden ayudar al docente para intentar nuevos enfoques en el futuro con nuevos grupos de alumnos.

CONCLUSIONES

- Los mapas categoriales, bien elaborados, son herramientas útiles para procesos de alta exigencia cognitiva como el análisis.

- Al igual que cualquier instrumento sirve, en este caso, para el cambio de concepciones erróneas en la medida que se lo utilice adecuadamente.
- La revisión de mentefactos brinda al docente información sobre dificultades de los alumnos en la identificación de conceptos, la capacidad de síntesis y de análisis.
- Al igual que en todo proceso complejo, existe un margen de incertidumbre en cuanto a los resultados la utilización de herramientas de conocimiento.
- Para un grupo reducido de alumnos esta herramienta no es de su agrado o no le encuentran la utilidad.
- Para elaborar herramientas gráficas se requiere desarrollar algunas habilidades del pensamiento tales como la capacidad de síntesis y organización que no han sido fomentadas en la educación media.

LITERATURA CITADA

- ALBERTS, B. *et al.* 2003. *Molecular biology of the cell*. Garland Science. New York, 1.462 págs.
- BAQUERO, F. *et al.* 2002. Mutación y resistencia a los antibióticos. *Investigación y Ciencia*. Diciembre.
- CAIRNS, J. *et al.* 1988. The origin of mutants. *Nature* (. 335,142) citado por DANCHIN,

- A. 1989. Las bacterias se han convertido en lamarkistas. *Mundo científico*, 9: (92).
- CALLEN, J.C. 2000. Biología celular. Grupo Patria Cultural. México, 488 págs.
- CAREY, S. 1992. The Origin and Evolution of Everyday Concepts. In *Cognitive Models of Science*. Miniápolis. Citado por TAMAYO, O. 2003. En: *Educación y formación del pensamiento científico*. Arfo ed., 285 págs.
- CLARET, A. 2003. *Educación y formación del pensamiento científico*. Arfo Ed. Bogotá, 285 págs.
- DANCHIN, A. 1989. Las bacterias se han convertido en lamarkistas. *Mundo científico*, 9: (92).
- DE ZUBIRÍA, M. 1998. Pedagogías del siglo XXI: Mentefactos I. *El arte de pensar para enseñar y de enseñar para pensar*. Fondo de Publicaciones "Bernardo Herrera Merino". Bogotá, 238 págs.
- PARRA, J. 2004. Artificios de la mente. *Círculo de lectura alternativa*. Bogotá, 222 págs.
- TAMAYO, O. 2003. *Educación y formación del pensamiento científico*. Ecoe Ed. Bogotá, 258 págs.
- TOBÓN, S. *et al.* 2004. Formación basada en competencias. *Pensamiento complejo diseño curricular y didáctico*. Esfera Editores, Bogotá, 258 págs.

Recibido: 15-08-2004
Aceptado: 02-02-2005