



EXPERIENCIAS PARA LA COMPRESIÓN DE LA BIOLOGÍA CELULAR (ESTUDIO DE CASO)

María Victoria Vargas, Sofía Isabel Basto

*Departamento de Biología. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana.
Carrera 7ª No. 43-82, Bogotá.
mvvargas@javeriana.edu.co, sbasto@javeriana.edu.co.*

RESUMEN

Se presentan experiencias favorables a la comprensión de la estructura y función de células procariotes y eucariotes, en un curso dirigido a estudiantes de ecología. Partiendo de un modelo de seminario se resalta: el uso de ejes transversales, confrontación de preconcepciones, empleo de mentefactos y mapas conceptuales; estrategias propuestas por el constructivismo y la pedagogía conceptual que contribuyen a la motivación y la articulación de estructuras conceptuales. El taller y la evaluación constituyen espacios que inspirados en el estructuralismo permiten: la construcción de interacción social, aprendizaje cooperativo, y comprensión de estrategias de pensamiento. Los laboratorios y proyectos de investigación formativa, permiten la aplicación de conceptos de biología celular en el análisis de problemas ambientales.

Palabras clave: Célula, comprensión, conceptos, estructura mental, modelo pedagógico.

ABSTRACT

In this paper, several teaching experiences for understanding the structure and function of prokaryotic and eukaryotic cells are described. These experiences were carried out in courses for ecology students. Applying the Seminar model, it's important to use the traverse axes, to confront preconceptions, the employment of "mentefacts" (mindframes) and conceptual maps; as the ones proposed by the constructivism and the conceptual pedagogy, which contribute to the motivation and articulation of conceptual structures. The workshops and the type of evaluation enforce the construction of social interaction, cooperative learning, and a better understanding of the thinking strategies. The laboratory work and undergraduate research allow the application of cellular Biology concepts in the analysis of environmental problems.

Key words. Cell, comprehension, concepts, mental structure, pedagogic model.

INTRODUCCIÓN

Hace algunos semestres, el curso de biología celular no resultaba llamativo para los estudiantes de la carrera de Ecología por cuanto no percibían la importancia del mismo, en el estudio de las interacciones en los ecosistemas. Con la incorporación de diversas estrategias metodológicas, inspiradas en diversas propuestas pedagógicas,

se logra que los estudiantes comprendan la importancia del curso, para su futuro profesional, asumiéndolo con entusiasmo y rigurosidad. A partir de la definición de la comprensión como objetivo principal, se establecen como objetivos subordinados a éste, la articulación conceptual y la aplicación de conceptos para resolver problemas. Una de las bondades de la enseñanza para la comprensión es que valora experiencias

docentes producto de su ingenio. De esta forma se permite cristalizar la práctica reflexiva en una forma reconocible que otros pueden adaptar a su propia realidad. Dado que la comprensión es el nivel más profundo de la actividad intelectual de una persona, resulta ideal incentivarla para alcanzar la excelencia académica (Pontificia Universidad Javeriana, 1992), uno de los objetivos fundamentales del proyecto educativo de la Universidad Javeriana. De acuerdo con lo anterior, este trabajo presenta a la comprensión como un ideal de formación y expone experiencias metodológicas y evaluativas que lo soportan en un curso ofrecido para estudiantes de la carrera de Ecología en el que se integran estructura y función celular con evolución y ecología. Diversas estrategias empleadas conducen al logro de la flexibilidad mediante la cual un estudiante puede explicar que ha comprendido un concepto. Como resultado de esta experiencia, se articulan los elementos en un modelo pedagógico.

COMPRENDER CONCEPTOS

En Harvard, a partir del conocimiento de la enseñanza para la comprensión, surgen preguntas en cuanto al logro de esta meta con alumnos universitarios. Con base a experiencias, que se aproximan a esta propuesta, se reflexiona acerca de la labor docente apuntando al ideal de lograr que los alumnos no sólo se informen, sino que comprendan conceptos fundamentales de un área determinada y los manejen, para orientar y producir soluciones a los problemas que enfrentarán en su acción profesional.

El proyecto de "Zero", de la Universidad de Harvard, inicia en 1990 con el fin de determinar las características de la comprensión, y esclarecer las acciones pedagógicas para impulsarla. Del mismo se desprende un modelo con tres elementos que organizan experiencias favorables a la comprensión. De acuerdo con Stone (1999) estos

elementos son: a) Los tópicos generativos los cuales son centrales para el dominio o la disciplina, son accesibles e interesantes para los alumnos, excitan las pasiones intelectuales del docente y se conectan fácilmente con otros tópicos tanto dentro como fuera del dominio o disciplina. b) Las metas de comprensión que "afirman explícitamente lo que se espera que los alumnos lleguen a comprender... las metas definen de manera más específica las ideas, procesos, relaciones o preguntas que los alumnos comprenderán mejor por medio de su indagación". c) Desempeños de la comprensión determinan "la capacidad e inclinación a usar lo que uno sabe cuando actúa en el mundo".

Dada la explosión del conocimiento, característica del posmodernismo, la educación superior se aleja, cada día más, del ideal de informar y, se acerca, hacia la adquisición de herramientas para enfrentar situaciones cambiantes. Por esta razón se considera la comprensión como una herramienta que disciplina el pensamiento y facilita, que el estudiante construya conocimiento para la resolución de problemas; por lo tanto, es un ideal de formación.

Hay que tener en cuenta que la comprensión es precedida por la percepción, le sigue la representación mediante símbolos mentales, luego la interpretación y, la comunicación. Para llegar a la comprensión es necesario armar estructuras mentales entendidas éstas como un esqueleto conceptual, que es individual pues los procesos cognitivos previos difieren entre unos y otros ya que no todos perciben lo mismo, tampoco representan sus percepciones de igual manera y, mucho menos, las interpretan igual.

De allí que la confrontación con conocimientos previos sea tan importante, pues éstos son diversos y, representan los cimientos donde se anudan nuevos conceptos.



Cuando se pide a los estudiantes que dibujen la célula y relacionen las partes con determinadas funciones celulares, algunos o recuerdan casi nada; hay quienes expresan inseguridad; otros esperan que el profesor indique cuál es la respuesta verdadera. Es decir, que se presentan actitudes diversas en el ejercicio de confrontación que, a su vez, motivan ya que algunos estudiantes logran advertir la importancia del curso, al comprobar falencias y errores conceptuales.

Luego de la confrontación temática y, con el fin de atraer el interés de los estudiantes, se elige el grupo de los protozoos como modelo para estudiar la célula. La primera actividad consiste en proporcionar, a los alumnos, dibujos de estos organismos para que los organicen por grupos, de acuerdo al criterio deseado. A través de esta actividad, se comprende que existen diversos tipos de células, con origen evolutivo común, ya que se encuentran semejanzas morfológicas que confrontan lo nuevo con conocimientos previos, construidos en el curso de biología evolutiva.

En esta etapa puede suceder que se modifiquen las estructuras conceptuales. Tal podría ser el caso de alumnos que, al elaborar modelos celulares tridimensionales, cambian concepciones previas de la célula en dos dimensiones y, otros, al estudiar conceptos de fluidez, transporte y reciclaje de membrana, transforman la visión estática con la que imaginaban a la célula durante su vida. Afirma Zamora que

“es mejor saber menos, pero habiéndolo reconstruido y comprendido a fondo, que saber muchas definiciones y leyes científicas, con construcciones mentales paralelas completamente insuficientes e incoherentes” (Vasco, 1998).

El almacén conceptual tiene varias posibilidades de entrada, es decir, que no es una estructura lineal que deba ser reconstruida

cada vez que se incorporan o resignifiquen conceptos. Estas entradas constituyen soportes que dan solidez y, a su vez flexibilidad, dado que “comprender es la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que uno sabe” (Perkins, 1999); por esto un alumno que creía haber comprendido la fotosíntesis al detectar la falta de anclaje en conceptos básicos, como oxidación y reducción, cuando lo logran encuentran sentido a los conceptos de cadena respiratoria y absorción de la luz sin que sea necesario reconstruir la estructura en su totalidad.

Los conceptos son intangibles y abstractos; son generalizaciones representadas mentalmente y por ello, ayuda en la comprensión su transformación en objetos como modelos elaborados en materiales maleables que permiten tener una idea tridimensional de la membrana celular, de la cromatina, del aparato de Golgi y de los microtúbulos.

El uso de ejes integradores facilita que los estudiantes relacionen los conceptos entre sí y que los puedan explicar desde diferentes ángulos. Los temas que sirven como tales, deben ser interesantes y, en el caso del curso de biología celular para ecólogos, establecer conexiones con la ecología y la evolución. Uno de estos temas es la regulación génica, pues contribuye al entendimiento de algunos fenómenos que han ocurrido a lo largo de la historia evolutiva, tales como el aumento vertiginoso de biodiversidad en el Cámbrico o el paso del agua a la Tierra. Además se conecta con otros temas como la formación y función de los organelos celulares; la expresión diferencial de proteínas de acuerdo con cada etapa del ciclo celular; y la complejidad de funciones de los homínidos contrapuesta con el tamaño de su genoma.

La comprensión de un tema permite que el estudiante pueda resolver problemas relacionados con otros temas, reconocer sus



usos potenciales, y encontrar diversas alternativas para solucionar un enigma. Por esto, dos estudiantes a partir de una lectura de biotecnología con cianobacterias estructuran un proyecto de identificación de bacterias biodegradadoras de productos agroquímicos en la laguna de Fúquene, que a la vez sirvan como sistema de engorde de animales y continuarlo, en el siguiente semestre, en su curso de microbiología.

Es posible reconocer que el estudiante ha comprendido cuando es capaz de relacionar los contenidos temáticos del curso con otras áreas del conocimiento ya que establece conexiones entre el área objeto de su ciencia, en este caso la biología, con lo que estudia en otras asignaturas pertenecientes a las ciencias sociales. En segundo lugar, entiende problemas de la vida cotidiana como es el caso de estudiantes que luego de haber estudiado los virus explican el impacto de un virus en la salud pública, la economía, la ecología y la evolución.

El estudiante que ha comprendido un concepto puede explicar y sustentar con argumentos sólidos, una situación desconocida, relacionada ésta con los temas que maneja. Tal es el caso de dos estudiantes que al exponer los diferentes tejidos que conforman el cuerpo humano pueden relacionar la función celular con: su morfología interna, ubicación, cantidad y tamaño, sin haber estudiado previamente el tema.

METODOLOGÍA

Se asumen como fundamentos pedagógicos del modelo implementado, los aportes de la pedagogía social en lo referente al aprendizaje cooperativo y del seminario adaptado a las ciencias naturales. La metodología empleada se desarrolla en tres espacios de encuentro diferentes: el primero de ellos es la plenaria en la cual se presentan características de la morfología y las funciones de las estructuras celulares e hi-

pótesis y/o teorías acerca de su origen. Cada una de las 16 plenarias elaboradas ayudan a que los estudiantes comprendan la existencia y funcionamiento de estructuras mediante fotografías de microscopio electrónico, esquemas, modelos, animaciones y películas.

El segundo espacio de encuentro es el taller donde se analizan, aplican y comparan apreciaciones en torno a los conceptos y se fortalece el aprendizaje cooperativo “la búsqueda colectiva y el diálogo producen en los individuos mayores efectos y les hacen más mella que cuando escuchan algo solos sobre el particular” (Quintana, 2000).

Una metodología encaminada a la comprensión de conceptos desarrolla en el estudiante herramientas que le permiten organizar, relacionar y expresar de forma creativa sus ideas para solucionar problemas específicos. Las tres actividades fundamentales del curso de biología celular, la plenaria, el taller, el laboratorio, así como el método de evaluación, están encaminadas a motivar al estudiante, conducirlo a través de redes conceptuales y ejemplos de aplicación práctica en su área, así como el empleo de diferentes formas de expresar lo que ha comprendido.

Motivar al estudiante es importante para captar su atención sobre los tópicos de las discusiones, y generar interés por descubrir, preguntar y profundizar. El estudiante de ecología se siente motivado cuando identifica la utilidad de cada tema, especialmente si contribuye a entender o solucionar algún problema ambiental. Otros temas que generan interés son: la evolución, la biotecnología, y algunas patologías humanas.

La selección del grupo de los protozoos como modelo de estudio de la célula eucariota, ha contribuido a fomentar el gusto por el conocimiento e investigación de



las ciencias biológicas, ya que a través de la revisión sobre los trabajos de investigación que se han realizado, en Colombia en el reino Protista, los estudiantes han podido encontrar un campo amplio de estudio en la ecología de algas y protozoos que empiezan a abordar a través de los proyectos de investigación que se realizan en el curso.

Los temas de ecología y medio ambiente más afines al curso de biología celular son: el uso de organismos unicelulares como bacterias y algas para el tratamiento de la contaminación ambiental de los ecosistemas colombianos, la biología de la conservación y biodiversidad de unicelulares, las relaciones interespecíficas de protista y procariotas entre sí y con otros organismos tales como: mutualismo, depredación, competencia, parasitismo, amensalismo, comensalismo y protocoperación.

La evolución se trabaja a lo largo del estudio de las células procariotas, eucariotas y los virus, desde la explicación de su origen y el de los organelos. Las herramientas empleadas son: el uso de filogenias moleculares, la aplicación de teorías evolutivas y de conceptos tales como mutación, selección natural, preadaptación, adaptación, deriva genética, flujo de genes, variabilidad genética, convergencia, divergencia, analogía, homología, coevolución, así como los conceptos de especie y los tipos de especiación.

Otro aspecto que motiva a los estudiantes y facilita la comprensión, es la relación que se establece entre los temas vistos en el curso y los de actualidad, para interpretar diversas situaciones. Entre otros el de las armas biológicas y el uso de bacterias modificadas genéticamente con fines de producir materiales útiles para la medicina, materiales biodegradables, la producción de biogas, o diversas alternativas de fertilización y control biológico.

Los estudiantes organizan lo que han leído de manera previa al taller, en cuadros sinópticos y en diagramas, de esta manera se entrenan en sintetizar y categorizar la información lo cual favorece la comprensión (Vargas, 2000).

Al explorar preconceptos se afianzan nuevos conceptos, siempre y cuando se tenga la posibilidad de propiciar cierta incomodidad con lo erróneo, confrontar lo nuevo y lo viejo, pensar un poco y de esta manera lograr aprendizajes significativos. Algunos temas del curso son propicios para la exploración de preconceptos del estudiante. Ellos son: la organización del ADN en el núcleo de los eucariotes, la cromatina, la fluidez de la membrana celular, los movimientos internos de la célula, mecanismos de uniones celulares, estructuras bacterianas y virales, el origen evolutivo de: bacterias, virus y estructuras celulares.

Los conceptos pueden ser organizados mediante la utilización de herramientas gráficas denominadas mentefactos por los estudiosos de la pedagogía conceptual (De Zubiría, 1998). En estos esquemas se caracteriza el concepto central colocando en la parte superior la categoría a la que pertenece, a la derecha las características a las que se contraponen, a la izquierda las características propias y en la parte inferior derivaciones o consecuencias. En el ejemplo (figura 1) se incluye en la parte central un concepto "Anfipático" definido como algo "que tiene dos regiones, una hidrofóbica y otra hidrofílica, como una molécula de fosfolípido o de detergente" (Alberts *et al.*, 2002).

Luego, los estudiantes arman mapas para articular conceptos y lograr el objetivo pues "la comprensión depende de adquirir o construir una representación adecuada de algún tipo, un esquema, modelo mental o imagen" (Perkins, 1999).

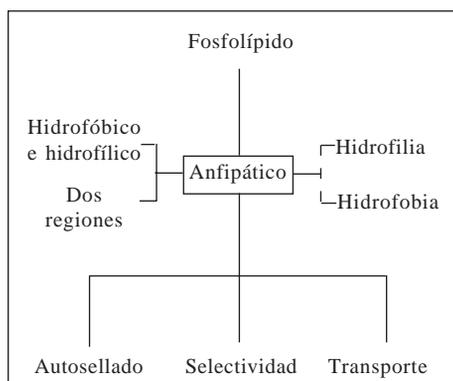


FIGURA 1. Mentefacto conceptual para la comprensión de funciones de la membrana celular.

Otra estrategia que contribuye a la construcción del conocimiento se inspira en la mayéutica, que es el método de la pregunta, “como estrategia que favorece los procesos reflexivos de los estudiantes” (Litwin, 1999), con la que el tutor lleva al alumno a seguir sobre sus propias estructuras, encontrar respuestas a partir de preguntas sucesivas y construir significados. De esta manera se encuentran tópicos generativos ya que se involucra “a los alumnos en constantes espirales de indagación que los lleven desde un conjunto de respuestas hacia preguntas más profundas que revelen conexiones entre el tópico que se está tratando y otras ideas, preguntas y problemas fundamentales” (Stone, 1999).

También ayuda en la estructuración conceptual el uso de tópicos generativos.

“Es probable que un tópico sea generativo cuando es central para el dominio o la disciplina, es accesible e interesante para los alumnos, excita las pasiones intelectuales del docente y se conecta fácilmente con otros tópicos tanto dentro como fuera del dominio o disciplina particular” (Stone, 1999).

Algunos tópicos empleados a lo largo del curso, son:

- Proponer metodologías para llevar a cabo la restauración ecológica de ecosistemas de bosque altoandino teniendo en cuenta las características y la importancia de los organismos unicelulares.
- Explicar los aportes de la investigación básica y aplicada de las algas frente a algún problema concreto que enfrente la población humana.
- Interpretar los procesos de la germinación de semillas desde la función de los organelos, la regulación génica y el ciclo celular.

El uso de los anteriores tópicos es importante ya que

“explorando las preguntas esenciales que impulsan la construcción del conocimiento, profesores y alumnos pueden reflexionar acerca de los motivos por los cuales ciertos tópicos son dignos de ser estudiados en las escuelas” (Boix y Gardner, 1999).

En el laboratorio se desarrollan herramientas para identificar estructuras celulares y determinar la presencia de individuos unicelulares, procariotas y eucariotas, en diversos ecosistemas. Al visitar el laboratorio de biotecnología vegetal, el estudiante encuentra la aplicación de conceptos de regulación génica, apoptosis, necrosis, mitosis, clonación y totipotencia en el cultivo *in vitro*. Mediante preguntas cada alumno retoma las etapas del ciclo celular y las proteínas implicadas, identifica los factores que estimulan e inhiben la división celular en plantas micropropagadas y entiende el fundamento de la propagación *in vitro*. También refuerza los conceptos mencionados la lectura de artículos, sobre plantas transgénicas, las discusiones, sobre los pro y contra de la biotecnología, la posición de Colombia en el tema y la de ellos como ecólogos.



De igual forma motiva, ayuda a la comprensión y articulación de conceptos la elaboración de los proyectos de investigación formativa, que los estudiantes desarrollan en grupo, en los que deben relacionar circunstancias medioambientales y organismos unicelulares. Los proyectos pueden ser teóricos o prácticos siempre y cuando incluyan diseños experimentales acordes con las hipótesis planteadas. El proceso es dirigido a lo largo del semestre siguiendo la lógica y las etapas del método científico (Constantino *et al.*, 2000); inicia con la formulación de preguntas interesantes que van siendo corregidas de acuerdo con la posibilidad de ser: contestadas antes de finalizar el semestre, las variables implícitas, y la posibilidad de ser resueltas con los medios disponibles. Culminada esta etapa se orienta la formulación de hipótesis y el diseño experimental. A partir de este momento los proyectos toman dos rumbos unos teóricos y otros prácticos. El trabajo de campo no sólo es motivante, sino que ilustra en los métodos y dificultades de la práctica profesional. Una vez obtenidos y analizados los resultados se sustenta oralmente; la flexibilidad en la exposición de conceptos demuestra su comprensión, refuerza destrezas comunicativas, fortalece vínculos y enseña a superar dificultades.

EVALUACIÓN

En términos generales se puede entender la evaluación como un acto de juzgar, medir la eficacia de un método o los resultados de una actividad; por tanto, se puede decir que la evaluación es un juicio de valor, un proceso sistemático, una medida de algo, una herramienta investigativa. La evaluación es un proceso complejo cuyas funciones frecuentemente se mezclan y confunden. Es instrumento y un medio que permite corregir algunas fallas y procedimientos, retroalimenta los mecanismos de aprendizaje, dirige la atención del alumno, concientiza sobre los logros, refuerza áreas de estudio y aprendizaje.

En concordancia con las anteriores definiciones, en el curso de biología celular se corrigen los parciales junto con el alumno para intercambiar significados, valorar aciertos, encontrar carencias y problemas en la metodología de estudio. Esta metodología es coherente con el respeto a las diversas formas en las que los estudiantes interpretan las preguntas y demuestran que han comprendido los conceptos.

Esta metodología ofrece posibilidades diagnósticas y constituye un espacio de aprendizaje, como el caso de una alumna cuya respuesta ante una pregunta de la respiración celular evidencia que no ha comprendido el fundamento de los procesos oxidativos; al indagar en conceptos relacionados demuestra que no sabe qué es un electrón, ni un átomo, razón por la cual se le dificulta comprender los procesos metabólicos.

Se evita calificar de manera estereotipada, es decir, comparando el grado de similitud de las respuestas de los alumnos con la que el profesor considera que es la correcta. En algunas ocasiones se encuentran respuestas válidas en las que no se había pensado al diseñar la evaluación, sin que esto quiera decir que no existan respuestas erróneas, caso en el que se abre una nueva posibilidad para la comprensión.

Además este sistema mejora la comunicación, faculta conocer al estudiante, quien se siente bien tratado aún en aquellos casos en los que el resultado es reprobatorio, pues sale con el convencimiento de sus errores y con alternativas correctivas. De esta manera también se evita la competencia y la comparación pues se corrige en privado.

Otro aspecto fundamental de la evaluación es el seguimiento y valoración de logros como: la utilización de lo comprendido en forma creativa, la organización y expresión

de ideas con claridad y flexibilidad. Algunos de ellos ilustran relaciones entre lo cotidiano y lo científico, como por ejemplo la articulación entre una enfermedad familiar, la psoriasis con los mecanismos de control de la división celular; enfermedades virales sufridas y su relación con los procesos de infección y tratamiento terapéutico.

Otro desempeño de la comprensión es la capacidad de ir “más allá de la información dada para extender, sintetizar, aplicar o usar de otra forma lo que uno sabe de manera creativa y novedosa”. (Perkins, 1999). Tal es el caso del alumno que después de estudiar los riesgos de la transformación genética concluye en su proyecto de investigación que para la evaluación de la estabilidad de genes transformados es mejor utilizar aquellos que no confieran ventajas adaptativas.

El organizar ideas a través de mapas conceptuales y diagramas de flujo, expresarse con claridad y flexibilidad, mediante ensayos, exposiciones, discusiones y mesas redondas son logros que evidencian comprensión.

A partir de esta reflexión de las acciones y estrategias descritas se estructura un modelo pedagógico (De Zubiría, 1994) que articula “las lógicas disciplinares y las posibilidades de apropiación de éstas por parte de sujetos que aprenden y las situaciones y contextos particulares donde estas lógicas se entrecruzan” (Jaramillo, 2000), la comprensión de conceptos de biología celular, objetivos, contenidos, secuencia, métodos, medios y evaluación tal como se ilustra en la figura 2. El seguimiento consecutivo de este modelo permite alcanzar niveles de comprensión cada vez más profundos.

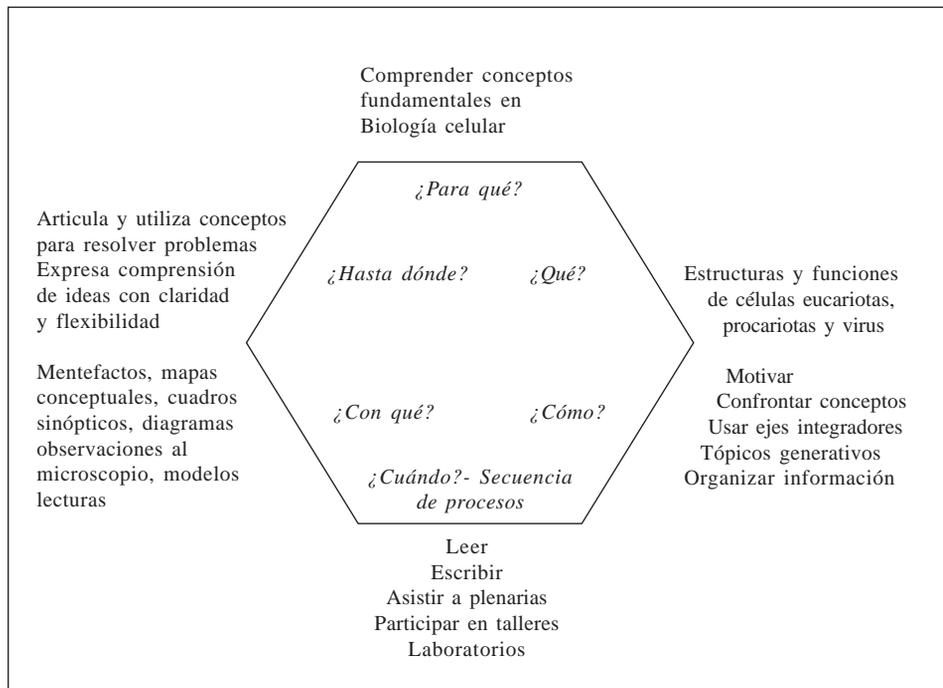


FIGURA 2. Modelo pedagógico del curso de biología celular.

LITERATURA CITADA

- ALBERTS, B., LEWIS, J., RAFF, M. ROBERTS, K. Y WALTERS, P. *Molecular Biology of the Cell*. Garland Science Taylor & Francis Group. New York, 2002, 1463 p.
- BOIX, V. Y GARDNER, H. ¿Cuáles son las cualidades de la comprensión? En: Stone M. (compiladora). *La enseñanza para la comprensión: vinculación entre la investigación y la práctica*. Paidós, Buenos Aires, 1999, 215-256.
- CONSTANTINO, S., JIMÉNEZ, J. PACHÓN, E. Y VARGAS, M.V. *Manual de fundamentos de biología*. Módulo de metodología de la investigación. CEJA. Bogotá. 2000, 39 p.
- DE ZUBIRÍA, M. *Pedagogías del siglo XXI: Mentefactos I. El arte de pensar para enseñar y de enseñar para pensar*. Fondo de publicaciones "Bernardo Herrera Merino". Bogotá, 1998, 238 p.
- DE ZUBIRÍA, J. *Los modelos pedagógicos*. Fondo de publicaciones "Bernardo Herrera Merino". Bogotá, 1994, 159 p.
- JARAMILLO, J. Didáctica y educación superior. En: Lucarelli, E. (ed.). *El asesor pedagógico en la universidad*. Paidós, Buenos Aires, 2000, 19-22.
- LITWIN, E. *Las configuraciones didácticas. Una nueva agenda para la enseñanza superior*. Paidós, Barcelona, 1999, 139 p.
- PERKINS, D. 1999. ¿Qué es la comprensión? En: Stone M. (compiladora). *La enseñanza para la comprensión: vinculación entre la investigación y la práctica*. Paidós, Buenos Aires, 69-92.
- Pontificia Universidad Javeriana. *Proyecto educativo*. CEJA. Bogotá. 1992, 31 p.
- QUINTANA, J.M. *Pedagogía social*. Dykinson. Madrid. Fondo de publicaciones "Bernardo Herrera Merino". Bogotá, 2000, 533 p.
- STONE, M. ¿Qué es la enseñanza para la comprensión? En: Stone M. (compiladora). *La enseñanza para la comprensión: vinculación entre la investigación y la práctica*. Paidós. Buenos Aires, 1999, 95-126.
- VARGAS, M.V. *Herramientas para el autoaprendizaje de las ciencias*. CEJA, Bogotá, 2000, 48 p.
- VASCO, C. *Constructivismo en el aula. ¿Ilusiones o realidades?* CEJA, Bogotá, 1998, 121 p.

Recibido: 19-08-2003
Aceptado: 18-03-2004