

Evolución de conceptos relacionados con la estructura y función de membranas celulares en alumnos de Enseñanza Secundaria y Universidad

María Socorro García Barrutia¹, Cristina Jiménez Artacho³, José Fonfría Díaz¹, Joaquín Fernández Pérez¹ & Begoña Torralba Redondo²

¹ Departamento Biología Celular, ² Dpto. Microbiología, Facultad de Biología, UCM, 28040 Madrid.

³ IES Santa Teresa de Jesús, Fomento 9, 28013 Madrid.

Resumen

Correspondencia

M. S. García Barrutia

Tel.: 91 3944972.

Fax: 91 3944981

Email: Barrutia@bio.ucm.es

Recibido: 8 Marzo 2002

Aceptado: 10 Abril 2002

El objetivo del presente trabajo ha sido detectar la evolución de algunos conceptos relacionados con las membranas celulares en el alumnado de Enseñanza Secundaria y de la Licenciatura de Ciencias Biológicas. Los resultados obtenidos muestran que, mientras los conceptos referentes a estructura y unidad de membrana evolucionan favorablemente, se produce un deterioro en la comprensión de los conceptos relacionados con sus funciones, tanto en Enseñanza Secundaria como en la Licenciatura. Esta situación puede ser debida a que, durante la Enseñanza Secundaria, el aprendizaje de la organización celular queda reducido a la simple memorización de las parejas orgánulo celular/función, que en poco tiempo son olvidados o confundidos. En la Enseñanza Universitaria, los alumnos, ya sea por su propia deformación y/o por planteamientos didácticos erróneos por parte del profesorado, siguen planteándose el estudio de la organización celular como una simple memorización. No terminan de comprender la relación estructura molecular/función celular, ni como las funciones celulares dependen de las funciones de las macromoléculas y de las diversas interacciones de estas en las distintas estructuras celulares que constituyen.

Palabras clave: Preconcepciones, Membranas celulares, Enseñanza de la Biología.

Abstract

Evolution of conceptions related to structure and function of cell membranes in secondary school and university students.

The main objective of the present survey is to detect the evolution of Biology student's conceptions about cell membranes from Secondary School to University. The analyse of the results shows that the students' conceptions about the structural unity of biological membranes evolve positively in contrast with the concept of functional diversity of biological membranes that evolves negatively. The reason could be that in Secondary School the learning of cell organisation is proposed as a memorizing of the pairs cell organ/function, easily forgotten or mistaken. The University students carry on with the study of cell organisation as a memorizing exercise, not understanding the relation between molecular structure and cell function. They do not understand either that cell functions depend on macromolecules functions and on the different interactions of the macromolecules constitutive of the cell

structures. As a conclusion, we think that it is very important to focus the teaching of cell organisation defining in molecular terms the cell organisation and how the cell functions depend on macromolecule functions and interactions in the different cell structures.

Key words: Preconceptions, Cell membranes, Biology teaching

Introducción

El objetivo de la enseñanza de las Ciencias es conseguir que los alumnos comprendan las teorías científicas y sepan aplicarlas a los fenómenos adecuados en las situaciones apropiadas (Hodson 1985).

El aprendizaje de conceptos científicos se considera como un cambio conceptual (Posner et al. 1982) que se produce cuando se establece un conflicto entre la estructura cognitiva del alumno y la nueva información. El cambio conceptual es, pues, un proceso a largo plazo, que permite que las concepciones de los alumnos evolucionen hasta coincidir con las teorías científicas.

De acuerdo con estos planteamientos, el conocimiento de las ideas previas (preconcepciones) de los alumnos y su evolución constituye un factor fundamental en el proceso de enseñanza/aprendizaje (Barandian Piedra, 1998).

Aunque el estudio de las preconcepciones ha constituido en los últimos años un punto de referencia importante en la investigación en Didáctica de las Ciencias (Driver 1983 y 1988; Serrano 1987, Furió et al. 1993), incluyendo diversos aspectos de la Biología (Giordan & Martinand 1983, Rumelhard 1985, Astudillo & Gené 1984, Jiménez Alexandre & Fernández Pérez 1987, Jiménez Aleixandre 1989, García Barros et al. 1989, Velasco 1991, Banet & Ayuso 1995, Iñiguez & Puigcerver 1997, Fonfría et al. 1998, Jiménez et al. 1998), las investigaciones sobre los conceptos relacionados con la membrana celular son escasas y referidas únicamente a la Enseñanza Secundaria, sin que existan datos relacionados con estudiantes universitarios.

Por otra parte, el bajo rendimiento académico de los alumnos de primer curso de la Licenciatura en Ciencias Biológicas, durante el curso 1992-93 con la puesta en práctica del Nuevo Plan de Estudios en la Universidad Complutense, ha puesto de nuevo de manifiesto un problema largamente conocido, pero cuyas causas han sido muy poco investigadas: la aparente desconexión entre la Enseñanza Media y la Universidad.

Tradicionalmente se ha dado un tratamiento simplista a este fracaso atribuyéndolo a deficiencias de los alumnos o a defectos de las enseñanzas precedentes, pero existen muy pocas investigaciones serias que intenten esclarecer el problema (Calatayud & Gil Pérez 1993, Fernández Pérez et al. 1998). Aunque en el rendimiento escolar influyen varios factores está claro que las concepciones previas de los alumnos es un fac-

tor capital en el proceso enseñanza/aprendizaje (Barandian Piedra 1988). Profundizar en el conocimiento de este factor, tanto en la Enseñanza Secundaria como en la Universidad, podrá facilitar la conexión entre estos dos niveles de enseñanza y el mejor rendimiento académico.

Por otra parte es necesario resaltar la importancia que tiene el estudio de la estructura y funciones de las membranas celulares para el conocimiento de la célula ya que son esenciales para la organización celular y el 90% de las funciones de las células eucarióticas se llevan a cabo en membranas.

El objetivo del presente trabajo ha sido detectar las preconcepciones del alumnado de Enseñanza Secundaria y de la Licenciatura de Ciencias Biológicas sobre las membranas celulares, y comprobar si hay evolución de estas preconcepciones en la población de alumnos encuestada, desde el nivel de 1º de BUP y 3º de ESO hasta el primer curso del segundo ciclo de la Licenciatura de Ciencias Biológicas (4º curso en la Universidad Complutense y 3º en la Universidad de Alcalá de Henares).

Se trata de conocer, en los diferentes niveles educativos analizados, las preconcepciones relacionadas con tres conceptos esenciales de las membranas celulares: uno relativo a la estructura molecular de las mismas, otro sobre el concepto de "unidad de membrana" relativa a la universalidad estructural de las membranas en los diferentes sistemas membranosos de la célula, y por último las diferentes funciones de las membranas en los distintos compartimentos celulares.

Metodología

Para llevar a cabo la investigación se han utilizado encuestas apropiadas para los diferentes grupos de población. Constan de cuestiones de respuesta cerrada:

- Verdadero-falso
- Selección del enunciado correcto entre varios enunciados posibles.

Para la confección de las encuestas destinadas a estudiantes de ESO y Bachillerato se ha partido de los conceptos previstos como objetivos en el desarrollo del currículo de las correspondientes enseñanzas. En el caso de los estudiantes universitarios se han utilizado conceptos relacionados con los objetivos previstos y en conexión con los planteados en la enseñanza secundaria. En el anexo I se muestran los modelos de encuesta empleados.

Todas las encuestas se ensayaron previamente para conocer el grado de comprensión o de dificultad que pudieran tener. Posteriormente se corrigieron y se incluyeron algunas sugerencias.

Población encuestada:

Para Enseñanza Secundaria se han seleccionado una serie de centros tanto públicos como privados de distintas zonas de Madrid. La relación es la siguiente:

Alumnos de Enseñanza Secundaria Obligatoria: 1991

3° de ESO: 840

1° de Bachillerato/3° de BUP: 615

2° de Bachillerato/COU: 536

Para Enseñanza Universitaria se han encuestado alumnos de la Licenciatura de Biología de la Universidad Complutense y de la Universidad de Alcalá de Henares.

Alumnos de la Universidad Complutense:

1° Curso: 140

2° Curso: 146

3° Curso: 221

4° Curso: 98

Alumnos de la Universidad de Alcalá de Henares:

1° Curso: 97

2° Curso: 163

3° Curso: 24

Total alumnos de Enseñanza Universitaria: 889

Los cuestionarios se pasaron al iniciar los cursos indicados, por tanto lo que queda reflejado son los conceptos obtenidos y sedimentados en el curso anterior. Por esta razón se pasaron las encuestas en el primer curso del segundo ciclo de la licenciatura (4° en la UCM y 3° en la UAH).

Resultados y Discusión

Junto a alumnos de 1° y 2° de Bachillerato (LOGSE) se han realizado encuestas a alumnos de los cursos equivalentes del anterior sistema educativo (3° de BUP y COU) y no se han encontrado diferencias significativas entre ambos grupos por lo que, teniendo en cuenta la similitud de los currículos, los resultados se discuten conjuntamente.

En relación con la estructura de la membrana (Gráfica 1) parece existir una excelente evolución en la adquisición del concepto de mosaico fluido de membrana al finalizar la Enseñanza Secundaria. Esta evolución continúa a lo largo de la licenciatura ya que un 89,79% de alumnos de la UCM y un 91,66% de la UAH llegan a adquirir un concepto correcto sobre la estructura de las membranas biológicas al terminar el primer ciclo.

En cuanto a la función de las membranas (Gráfica 2), los resultados son diferentes. Solamente el 55% de los alumnos que llegan a la UCM dan respuestas correctas y el 56,7% en el caso de la UAH. Los resultados obtenidos en la Enseñanza Secundaria son bastantes sorprendentes. En 3° de ESO el porcentaje de alumnos que tienen una respuesta correcta es bastante alto: 79%. Este éxito se convierte en fracaso ya que en 1° de Bachillerato/3° BUP solamente un 10% responde correctamente, aumentando ligeramente en 2° de Bachillerato/COU ya que solo un 24,9% asocia la membrana con sus imprescindibles funciones de relación.

A lo largo del Primer Ciclo de la licenciatura, los alumnos de la UCM mejoran cuando terminan el primer curso (60,9% de respuestas correctas). Sin embargo al terminar el segundo curso se produce un descenso (52,48% de respuestas correctas). La disminución de respuesta correctas se acentúa al terminar el primer ciclo, alcanzando solo un 50%. En la

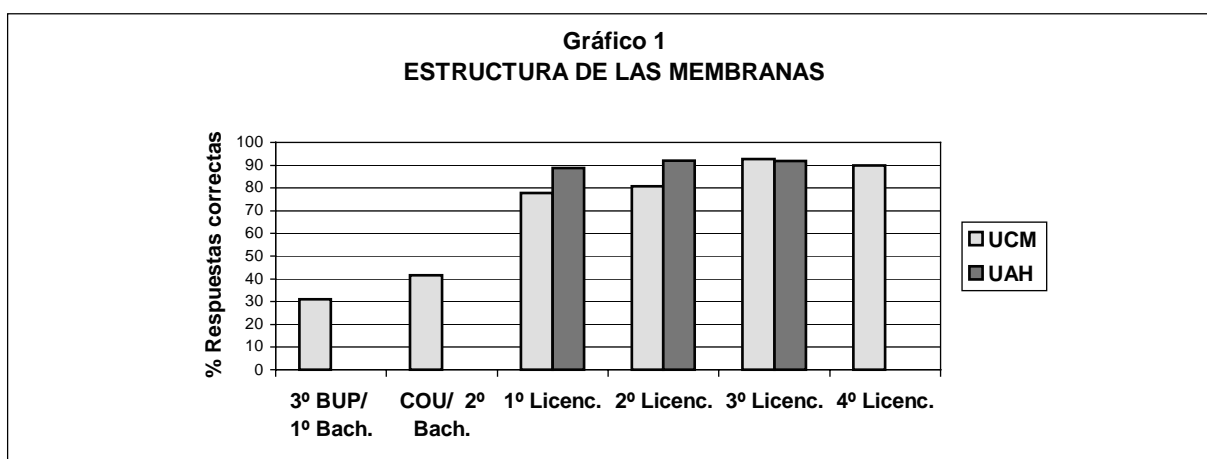


Gráfico 1. Evolución de las concepciones de los alumnos con respecto a la estructura de la membrana (Pregunta 2 en alumnos de 3° de BUP y COU /1° y 2° de Bachillerato y Universidad).

Graphic 1. Evolution of student's conceptions about the structure of cell membrane. (Question 2 for 3rd BUP and COU/ 1st and 2nd Bachillerato and University students).

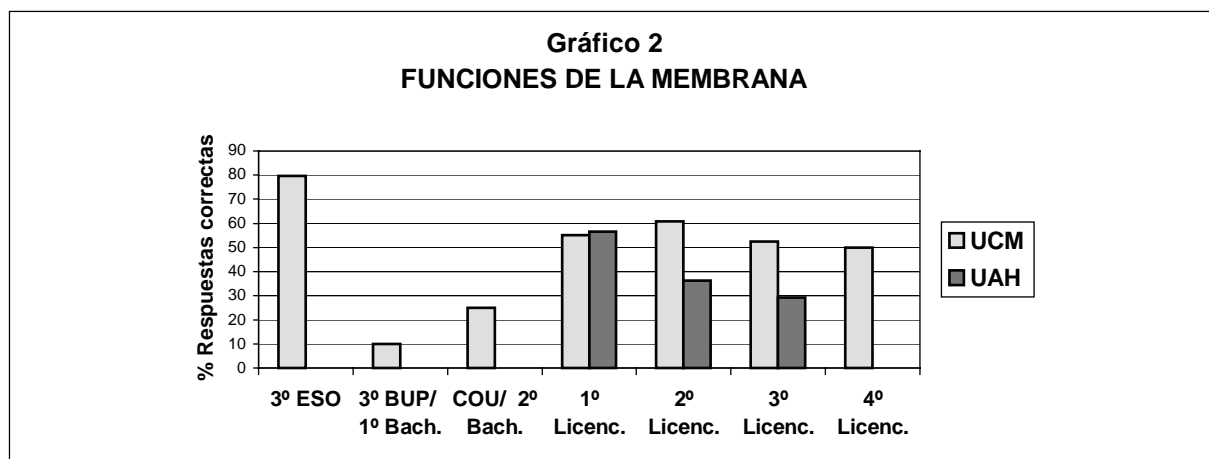


Gráfico 2. Evolución de las concepciones de los alumnos con respecto a las funciones de la membrana.(Pregunta 1).
Graphic 2. Evolution of student's conceptions about cell membrane functions.(Question 1).

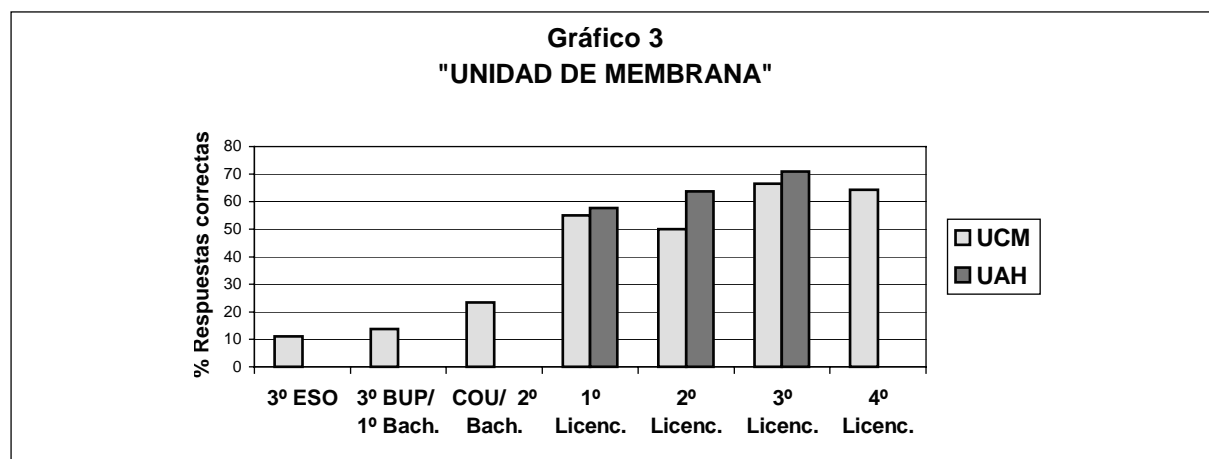


Gráfico 3. Evolución de las concepciones de los alumnos con respecto a la unidad de membrana. (Pregunta 2 y 3 en alumnos de ESO y pregunta 3 en alumnos de 3º de BUP y COU /1º y 2º de Bachillerato y Universidad).
Graphic 3. Evolution of student's conceptions about structural unity of cell membrane. (Question 2 and 3 for ESO students and question 3 for 3rd BUP and COU/1st and 2nd Bachillerato and University students).

UAH la merma es mayor desde el inicio de la licenciatura ya que pasa del 56,7% de respuestas correctas a un 36,19% al final del primer curso y baja hasta el 29,16% en los alumnos que inician el segundo ciclo. Se observa un deterioro en la comprensión de un concepto esencial relacionado con las funciones de relación de la membrana tanto en la segunda enseñanza como después de haber cursado el primer ciclo de licenciatura.

Esta circunstancia tan insólita puede deberse a un aumento del grado de confusión conceptual originado por ser un concepto tratado en varias asignaturas (en el caso de la licenciatura) y, presumiblemente, con diferentes ejemplos y enfoques. Parece existir una relación entre la pérdida de comprensión de conceptos y el número de veces que, con diferentes enfoques, se tratan. Todo ello contrasta con la evolución del concepto estructural, por lo que puede deducirse que la relación estructura/función no queda manifiesta con la suficiente efi-

ca, en el aprendizaje de las membranas celulares.

También puede influir el que el conocimiento de una estructura resulta más sencillo que aquellos conceptos que tienen que ver con la función. En general, puede decirse que los aspectos funcionales tienen una mayor variabilidad interpretativa, se prestan a mayor confusión y se introducen conceptos más novedosos con una mayor frecuencia, dado el mayor crecimiento científico en estos aspectos. El grado de obsolescencia de los conceptos funcionales es bastante mayor que el de los estructurales que, en general, han cambiado muy poco desde que el alumno comenzó la enseñanza secundaria. Por el contrario, los funcionales sí han podido hacerlo y, a veces, de manera muy significativa. Por otra parte, el avance en el estudio de un determinado aspecto funcional se presta a que, dependiendo de la asignatura en el que se trate, se ofrezcan descripciones que inciden o destacan más unos aspectos que otros.

El concepto de unidad de membrana evoluciona favorablemente de manera similar que en el caso de estructura de membrana, si bien, el nivel de respuestas correctas es inferior (Gráfica 3). En la segunda enseñanza el error es muy frecuente: en 3º de la ESO la mayoría considera que la membrana plasmática es diferente a los restantes sistemas membranosos intercelulares. Durante el resto de la Enseñanza Secundaria se observa un progreso constante de manera que los alumnos que llegan a la UCM alcanzan un 55% de respuestas correctas y un 57,73% en el caso de los matriculados en la UAH.

Esta evolución favorable continua en la licenciatura aunque más lentamente que en la Enseñanza Secundaria. Al finalizar el primer ciclo se mantiene el concepto erróneo en un porcentaje del 34,69% en la UCM y del 25% en la UAH.

También en este caso, el mantenimiento de los errores, puede deberse a la existencia de un error conceptual que relaciona mal estructura y función molecular. Es frecuente que se admita que, ante estructuras parecidas hay que deducir funciones similares, y naturalmente lo contrario, aunque hay numerosos ejemplos en la naturaleza que contravienen esta suposición. Como las membranas biológicas pueden constituir orgánulos celulares con muy diferentes funciones, algunos alumnos aumentan sus dudas a este respecto y consideran que ante diferentes funciones las membranas también son distintas estructuralmente.

Estos resultados demuestran la gran dificultad que existe para relacionar la estructura con la función, tanto en la Enseñanza Secundaria como en los estudios de Licenciatura, de manera similar a lo que se ha observado con otros conceptos importantes relacionados con la actividad de los seres vivos, como algunos procesos fisiológicos (Mondelo et al. 1994) o la actividad de algunas macromoléculas (Fonfría et al. 1998)

Aunque las causas de esta dificultad probablemente sean diversas el análisis de estos resultados parecen indicar:

a) que durante la Enseñanza Secundaria, el aprendizaje de la organización celular queda reducido a la simple memorización de las parejas orgánulo celular/función, que en poco son olvidados o confundidos como ya han demostrado otros estudios (Caballer & Giménez 1992).

b) que los alumnos en enseñanza superior, ya sea por su propia deformación, y/o por planteamientos didácticos erróneos por parte del profesorado, siguen planteándose el estudio de la organización celular como una simple memorización, no comprendiendo la relación estructura molecular/función celular, y cómo las funciones celulares dependen de las funciones de las macromoléculas y de las diversas interacciones de éstas en las distintas estructuras celulares que constituyen, dando, de esta manera, sentido a la actividad celular.

En las dos universidades en que se ha realizado la encuesta, los planes de estudio coinciden en las asignaturas troncales, donde se tratan estos conceptos fundamentales de la organización celular desde distintas perspectivas, con contenidos bastante homogéneos. Si bien, en el caso de la UCM es-

tas asignaturas se cursan en tres años, y en la UAH se hacen en dos (en ambos casos constituyen el primer ciclo de la licenciatura en Biología). Como la muestra de alumnos analizada en las dos universidades, presentan una gran homogeneidad en cuanto a la evolución de los conceptos tratados, podemos concluir que la adquisición de los conceptos correctos es independiente del tiempo que se les dedique, dependiendo, más bien, del sistema didáctico.

Referencias

- Astudillo H & Gené AM. 1984. Errores conceptuales en Biología: La fotosíntesis de las plantas verdes. Enseñanza de las Ciencias 2 : 15-17.
- Banet E & Ayuso E. 1995. Introducción a la Genética en la Enseñanza Secundaria y Bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias 13: 137-153.
- Barandiaran Piedra J. 1988. El modelo de enseñanza/aprendizaje de las ciencias en la reforma de las Enseñanzas Medias. Enseñanza de las Ciencias 6: 167-178.
- Caballer MJ & Jiménez Y. 1992. Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. Enseñanza de las Ciencias 10: 172-180.
- Calatayud ML & Gil Pérez D. 1993. La preparación docente del profesorado de facultades de ciencias: una necesidad emergente. Enseñanza de las Ciencias, número extra (IV Congreso): 35-36.
- Driver R 1983. *The Pupil as a Scientist?*. London: Open University Press.
- Driver R 1988. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de Ciencias. Enseñanza de las Ciencias 6: 109-120.
- Fernández Pérez J, Fonfría Díaz J, García Barrutia MS, Jiménez Artacho C & Torralba Redondo B. 1998. El profesorado de Enseñanza Secundaria y Universidad y su actividad docente. In *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, vol. I. (Banet E. & Pro A de, eds.). Murcia: DM, pp. 214-223.
- Fonfría J, Fernández J, García M, Jiménez C & Torralba B. 1998. Concepciones en relación con las macromoléculas en el alumnado de Biología de Enseñanza secundaria y Universitaria. In *II Simposio: La Docencia de las Ciencias Experimentales en la Enseñanza Secundaria*. Madrid: Colegio Oficial de Biólogos, pp. 182-184.
- Furió CJ, Iturbe J & Reyes JV. 1993. Contribución a una propuesta constructivista de enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, número extra (IV Congreso): 59-60.
- García Barros S, Mondelo M & Martínez Losada MC. 1989. Planteamiento didáctico de la teoría celular en las concepciones previas de los alumnos. Enseñan-

- za de las Ciencias, número extra (III congreso), tomo I: 73-74.
- Giordan A & Martinand JL. 1983. Quels types de recherches pour rénover l'éducation en sciences expérimentales?. Actes V Journées Internationales Education Scientifique. UER Didactique Paris 7.
- Hodson D. 1985. Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education* 12: 25-57.
- Iñiguez F J & Puigcerver M. 1997. Una propuesta de cambio conceptual referida a algunos aspectos de la Genética. *Enseñanza de las ciencias*. Número extra (V Congreso): 305-306.
- Jiménez C, Fernández J, Fonfría J, García M & Torralba B. 1998. Concepciones y actitudes en relación con la Ecología en el alumnado de Biología de Enseñanza secundaria y Universitaria. In II Simposio: La Docencia de las Ciencias Experimentales en la Enseñanza Secundaria. Madrid: Colegio Oficial de Biólogos, pp. 189-192.
- Jiménez Aleixandre MP. 1989. Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: Análisis y propuestas para un cambio conceptual. Madrid: Tesis Doctoral, Universidad Complutense.
- Jiménez Aleixandre MP & Fernández Pérez J. 1987: Selection or adjustment?. Explanations of university Biology students for Natural Selection problems. Cornell.: Proc. 2nd. Int. Sem. Misconc. and Educ. Strut. in Sci. % Math. vol. II, pp. 224-232.
- Mondelo Alonso M, García Barros S & Martínez Losada C. 1994. Materia inerte/materia viva. ¿Tienen ambas constitución atómica? *Enseñanza de las Ciencias* 12: 126-233.
- Posner G, Strike K, Hewson D, Gertzog W. 1982. Accomodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. *Science Education*: 211-227.
- Rumelhard G. 1985. Quelques représentations à propos de la photosynthèse. *Aster*: 1, 37-66.
- Serrano T. 1987. Representaciones de los alumnos en Biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las Ciencias* 5: 181-188.
- Velasco JM. 1991: ¿Cuando un ser vivo puede ser considerado animal?. Análisis de las concepciones alternativas del alumnado acerca del significado de "animal". *Enseñanza de las Ciencias* 9: 43-52.

ANEXO I: Cuestionarios

Cuestionario para alumnos de 3º de ESO

1) La membrana plasmática es una envoltura continua que rodea a la célula y la aísla de su entorno permitiendo intercambio selectivo de materiales

SÍ NO NS

2) La membrana plasmática que rodea externamente a la célula tiene una estructura idéntica que la de las membranas internas

SÍ NO NS

3) Las membranas plasmáticas de las células vegetales y animales tienen la misma estructura

SÍ NO NS

Cuestionario para alumnos de 1º y 2º de bachillerato y 3º de BUP y COU

1) La membrana plasmática es una estructura celular que:

-Aísla a la célula de su entorno

-Relaciona a la célula con otras células

-Impide la entrada de cualquier sustancia a la célula, ya que es impermeable

2) Las membranas celulares están constituidas por:

-Monocapas lipídicas recubiertas de proteínas

-Bicapas de fosfolípidos con proteínas periféricas

-Proteínas integradas, total o parcialmente, en una bicapa lipídica

3) La membrana del sistema de endomembranas tiene una estructura diferente que la membrana plasmática que envuelve a la célula

SÍ NO NS

Cuestionario para alumnos de la licenciatura en biología

1) Señale cual de estos enunciados es correcto:

-La membrana plasmática es una membrana celular que aísla a la célula de su entorno

-La membrana plasmática es una membrana celular que relaciona la célula con otras células

-La membrana plasmática es una membrana celular que impide el paso de moléculas a través de ella porque es impermeable

2) Señale cual de estos enunciados es correcto:

-Las membranas celulares están constituidas por monocapas lipídicas recubiertas de proteínas

-Las membranas celulares están constituidas por bicapas de fosfolípidos con proteínas periféricas

-Las membranas celulares están constituidas por proteínas integradas, total o parcialmente, en una bicapa lipídica

3) Las membranas mitocondriales y las del retículo endoplásmico tienen una estructura diferente que la membrana plasmática que envuelve a la célula

SÍ NO NS