
El aprendizaje de la biología celular: una propuesta analizada desde la perspectiva del alumnado.

M^a Luz Rodríguez Palmero

I.E.S. Dr. Antonio González y González. C/ Felipe del Castillo, nº 15. Tejina. 38260.
La Laguna. Tenerife. Islas Canarias. España.

Resumen

Se contempla la perspectiva del alumnado, su percepción del aprendizaje y sus opiniones, como herramienta de evaluación de una propuesta de programación alternativa al tratamiento habitual de la Biología Celular para el nivel de COU (alumnos de 17/18 años). De ello se concluye la idoneidad de dicho instrumento evaluador, así como de la propuesta analizada, derivándose, por tanto, consecuencias pedagógicas relativas a este contenido curricular que aconsejan un replanteamiento de su selección, análisis y organización, así como de la metodología adecuada para trabajarlo en el aula.

Abstract

Opinions, learning perception and perspectives of the pupils are taken into account as a tool of evaluation of a proposal of alternative program to the usual treatment of Cell Biology at the level of UOC (University Orientation Course: 17-18 years old pupils). It is concluded that it is an appropriate instrument for this evaluation, as well as for the analyzed proposal implicating pedagogic consequences concerning this curricular content, as to advice reconsidering its selection, analysis and organization, as well as the appropriate methodology to work at the classroom.

Introducción

Aprender y enseñar son procesos complejos, son empresas difíciles de resolver y difíciles, también, de analizar, dado que no pueden abordarse desde perspectivas simplistas; son procesos que reflejan, suponen y relacionan una gran multiplicidad de aspectos, muchos de ellos tácitos e implícitos, que juegan un papel fundamental en aras de que sus productos finales sean exitosos y respondan a lo que la educación pretende de ellos. Cualquier evento educativo, que es lo que en definitiva se produce cuando se enseña y se aprende, supone la integración constructiva de pensar, hacer y sentir y es eso lo que conduce al engrandecimiento humano (Novak, 1977); según este autor, en esos eventos hemos de considerar como elementos fundamentales; aprendiz, profesor, conocimiento, contexto y evaluación. Gowin (1981) ve una relación triádica entre profesor, materiales educativos del currículum y alumno, de tal manera que cualquier proceso de enseñanza/aprendizaje se define porque se comparan significados entre ambos protagonistas en relación con los conocimientos que el currículum establece (Moreira, 2000). Podemos entender, pues, que todos y cada uno de esos elementos, todos y cada uno de los vértices de

esa relación triádica son susceptibles de investigación y lo son porque lo que se pretende es, precisamente, aclarar esos complejos procesos, explicarlos, predecirlos, comprenderlos en definitiva, con objeto de que podamos mejorarlos.

"Actualmente la formación científica está en cuestión en numerosos países. Los trabajos de investigación la abordan de diversas formas, pero privilegian el saber en juego en la enseñanza. Unos consideran su apropiación por los alumnos; otros la forma en que se introducen en la clase, los libros, los programas; otros en la medida que es ocasión de interacción entre dos actores: profesor y alumno. (...) También son objeto de investigación el interés, la motivación, la actitud de los alumnos (...), la imagen de la ciencia (...)". (Boyer y Tiberghien, 1989, pág. 213-214).

Muchos son, sin duda, los tópicos posibles de indagación, como diversos también son los enfoques y marcos teóricos desde los que realizar dichas investigaciones. Interesa el saber, el conocimiento impartido porque interesa que los estudiantes lo aprehendan y ello, lógicamente (ya se ha dicho) requiere evaluación. Ésta como tal debe entenderse como un proceso continuo de revisión que supone indefectiblemente

reflexión sobre la práctica diaria y que, por tanto, debería disponer de instrumentos adecuados. Es en este sentido, y como una herramienta más, podemos recurrir a lo que nuestro alumnado opina, lo que vive o lo que siente en relación con nuestro trabajo porque nuestra visión, como docentes, sobre el mismo evento educativo puede ser diferente a la que aquel percibe, si tenemos en cuenta que generalmente está influida por lo que se ha dado en llamar "pensamiento implícito del profesorado" o "currículum oculto" (Marrero Acosta, 1988; Afonso López y col., 1998). Conviene considerar, pues, que el docente es uno de los vértices de la relación triádica que Gowin (1981) plantea, pero que el estudiante y el propio currículum también lo son; todos ellos, lógicamente, son susceptibles de evaluación. Y lo habitual es que sea el profesorado quien lleva a cabo esa tarea, quien evalúa, pero está claro que los estudiantes tienen mucho que decir al respecto. De acuerdo con Carrascosa y col. (1991, pág. 46): "... Esto no sólo reforzaría la validez de las propuestas de cambio didáctico elaboradas, sino que permitiría incluso utilizar la valoración de los alumnos como uno de los instrumentos de evaluación de dicho cambio".

Podría dudarse de la efectividad de las opiniones del alumnado y considerarlas como no fiables, que no sirven para cubrir esta finalidad, pues a nadie se le escapa que la carga de subjetividad que podrían soportar es muy grande. Teniendo en cuenta que siempre un proceso evaluativo es subjetivo, se considera que es muy importante tener esta información (Afonso López y col. 1998) y "lo es si nosotros como profesores (...) no hacemos aquello que es apropiado, y lo sigue siendo, si, a pesar de nuestro convencimiento de estar enseñando apropiadamente, ninguno lo nota". (Yager y Penick, 1984; Carrascosa y col., 1991, pág. 51). Partiendo de este convencimiento, interesa saber, pues, la valoración del alumnado sobre la labor docente, su manera de captar lo que se le ofrece en el aula porque eso ayudaría en la planificación de estrategias eficaces y satisfactorias para el alumnado (ibid.).

Si enseñar y aprender requiere una relación triádica como la expuesta y si hemos de considerar los elementos mencionados, claro está que hemos de tener en cuenta al que aprende, que hemos de considerar cómo ve lo que hacemos con

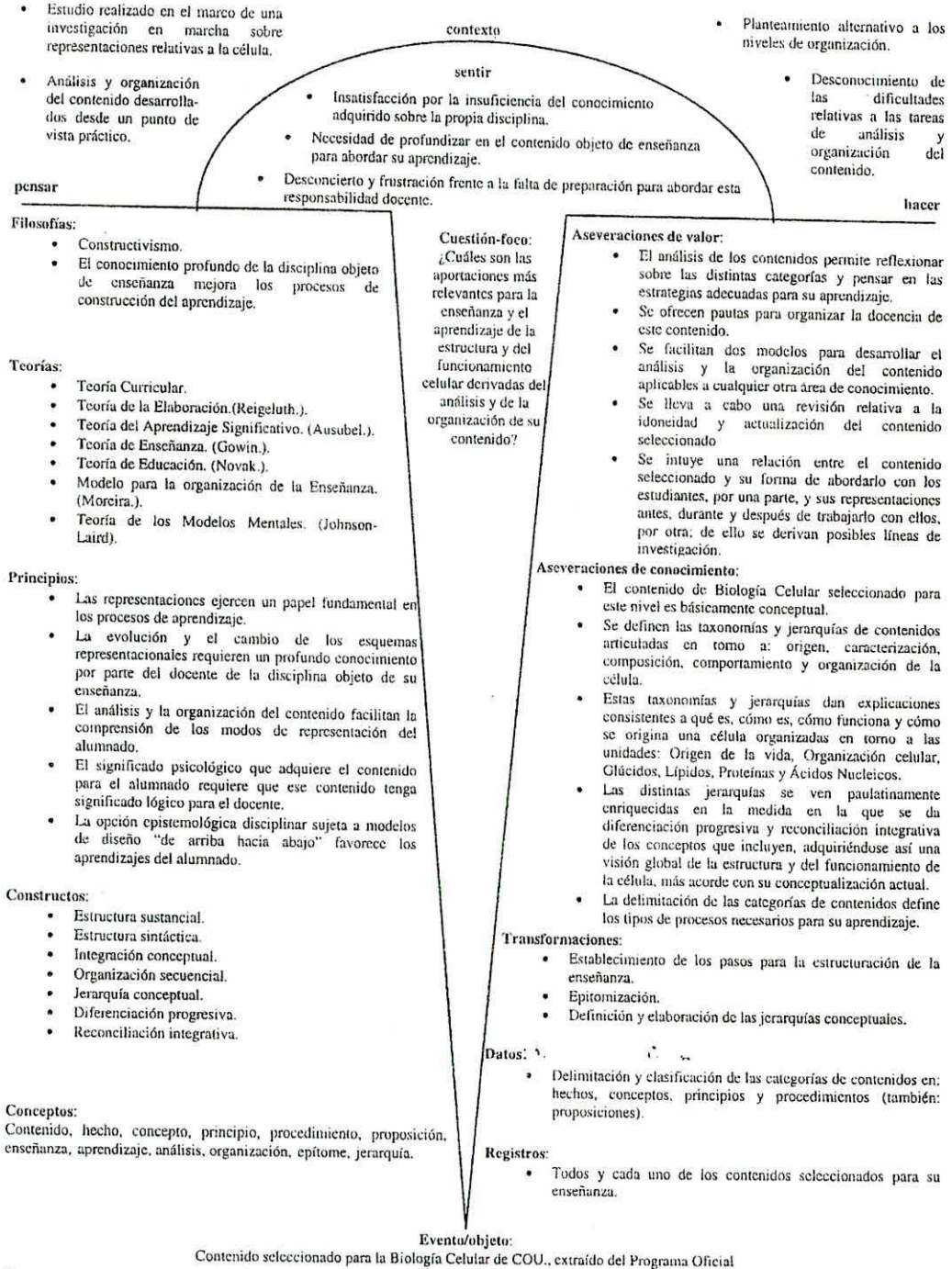
él. Hemos de considerar también, como se nos ha dicho, aquello que enseñamos, el contenido que pretendemos transmitir y bueno será que conozcamos cómo lo recibe el alumnado al que va destinado. El objeto del presente trabajo es dar a conocer la experimentación de una propuesta alternativa a la presentada en los programas oficiales para Biología Celular de COU (Curso de Orientación Universitaria) (Rodríguez y col., 1994; Rodríguez y López, 1994; Bazo y col., 1994; Rodríguez, 2000; Rodríguez y Marrero, 2001) analizada desde la perspectiva de los estudiantes y su evaluación sobre la misma, en suma.

Una propuesta alternativa

¿Y por qué surge la necesidad de plantear una programación alternativa? La célula es un concepto básico y estructurante que resulta fundamental para comprender la estructura y primordialmente el funcionamiento de los seres vivos, como muestra la bibliografía consultada (Rodríguez, 1997, 2000) y, sin embargo, está muy poco valorada en términos de interés y gusto por parte del alumnado (Afonso López y col., 1998). Las investigaciones relativas a currículum (entendido en un sentido amplio, pues se incorporan resultados que tienen que ver con el contenido en sentido estricto -sus problemas de aprendizaje y su dificultad-, el interés despertado en el alumnado con respecto al mismo, el discurso con el que se transmite, la formación que requiere, etc.). Todo esto nos permite observar algunas relaciones curiosas que, lógicamente, tienen su razón de ser en la selección del contenido y en la forma de trabajarlo; por ejemplo, es llamativo que una de las investigaciones utilizadas para este trabajo obtenga como resultado que la estructura y el funcionamiento celular sea el tema menos valorado de la Biología por parte del alumnado. Unos estudiantes que en otros trabajos manifiestan que estos contenidos son difíciles, dificultad que, por otra parte, asigna el profesorado, lo que puede llevarnos a reflexiones relativas en cuanto a que los propios docentes estemos ejerciendo y transmitiendo alguna influencia en esas percepciones.

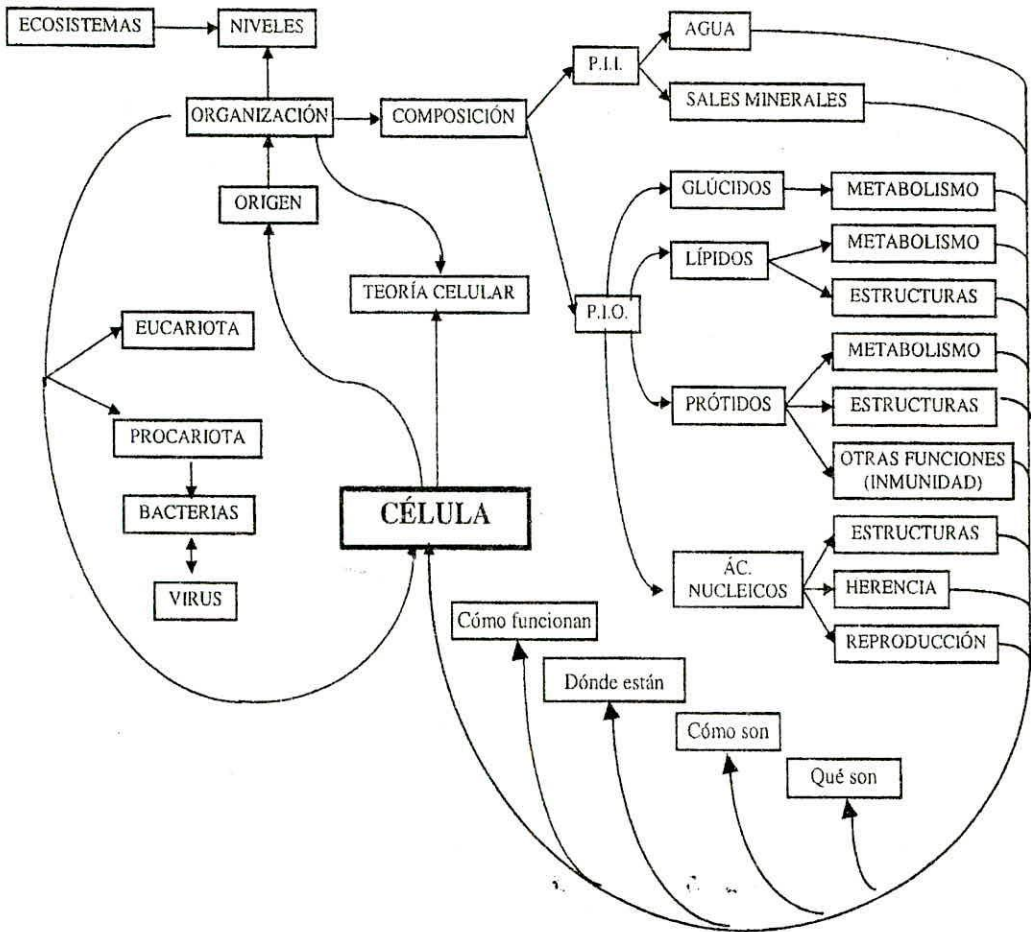
En líneas generales, el interés de todos los temas elegidos para su contrastación, tanto de Ciencias Naturales como de Matemáticas, Lengua y Literatura y Ciencias Sociales, (Afonso López y col., 1998) es insuficiente, lo que conduce a los auto-

res como conclusión a destacar *“la necesidad de que los docentes planteemos una reflexión seria sobre el contenido seleccionado en las mismas y sobre la forma de hacerlo llegar al alumnado”* (pág. 127).



La célula es un buen ejemplo de esta necesidad; el tratamiento habitual del contenido celular ha sido descriptivo y se ha formalizado a través de los niveles de organización de la materia viva. Esto no ha favorecido la comprensión de los procesos dinámicos y de la interacción entre orgánulos y moléculas que la definen y caracterizan y tampoco es la tendencia dominante en la investigación de vanguardia en la ciencia formal. (Rodríguez, 2000, 2002). Parece lógico, pues, e imprescindible abordar el análisis y la organización de ese contenido, su reestructuración de cara a su enseñanza, como uno de los elementos y pilares que tanto Novak como Gowin destacaron. El resultado de ese proceso se refleja en la Fig. N° 1 a través de la V epistemológica desarrollada al efecto.

A partir de este proceso de donde deriva una programación alternativa a la oficial que se refleja en la trama conceptual plasmada en la Fig. N° 2. Puede observarse en la misma que con la intención de integrar estructura y funcionamiento en el estudio de la célula. Se lleva a cabo una secuenciación compleja convergente que supone tratar cada principio inmediato orgánico desde la perspectiva bioquímica, citológica y fisiológica conjuntamente, dando con ello respuesta a qué son, cómo son, dónde están y cómo funcionan cada una de esas moléculas en la célula. Con ello se rompe el tratamiento tradicional de la disciplina consistente en abordar en términos descriptivos, como se ha comentado, en primer lugar la bioquímica (es decir, la descripción de todas y cada una de las moléculas constituyentes de la célula), y a continuación la citología y la fisiología celular.



De este modo se han organizado las unidades didácticas siguientes:

1. Origen de la vida. Niveles de organización.
2. Organización celular. Composición. Primeras nociones.
3. Los Glúcidos.
4. Los Lípidos.
5. Las Proteínas.
6. Los Ácidos Nucleicos.
7. Las Bacterias. Los Virus.
8. Ecología.

La propuesta de trabajo para estos conceptos es desde sus puntos de vista bioquímico, citológico y metabólico, como ya se ha expresado, ampliando cada vez más las posibilidades de interpretación del funcionamiento celular y su integración con la estructura que lo soporta.

Se considera importante señalar que se han utilizado diferentes estrategias (metodología) en las distintas unidades didácticas. La finalidad de estos cambios es que el alumnado desarrolle diversas capacidades (derivadas de los objetivos propuestos para la asignatura) que favorezcan su consecución y que suponen trabajar con contenidos tanto conceptuales, como relativos a procedimientos y a actitudes, normas y valores. Se ha considerado diferentes caminos; la edad, su desarrollo psicoevolutivo, y sus posibilidades de adaptación así lo aconsejan.

Las unidades 1, 2, 3, 6 y 8 se han trabajado con un programa de actividades que se fueron desarrollando y discutiendo en clase, primero en pequeños grupos y después, en su conjunto. Las unidades 4 y 7 se han hecho de forma expositiva, utilizando diferentes recursos, como, por ejemplo, transparencias, vídeo, etc. La unidad didáctica 5 (Proteínas) se planteó como un conjunto de grandes problemas que los grupos de estudiantes debían resolver a través de su indagación; esta "investigación" se ve apoyada por un guión de actividades y el material adicional que el alumnado va demandando en función de sus necesidades. La información precedente relativa al modo en el

que se ha trabajado el contenido será necesaria para entender e interpretar lo que ha dado de sí la experiencia seguida con esta programación alternativa.

¿Cómo se ha vivido la experiencia?

El contexto en el que se ha llevado a cabo la puesta en práctica de la propuesta planteada se corresponde con las condiciones naturales de aula en la asignatura de Biología de COU (Curso de Orientación Universitaria), habiendo actuado la profesora titular de la asignatura como investigadora del proyecto global en el que se inserta; el análisis y la interpretación de los materiales recopilados se ha llevado a cabo en fecha posterior a la finalización del curso escolar. El centro en el que se ha desarrollado la experiencia es un centro comarcal de características urbano/rurales.

Los casos indagados son los treinta y seis estudiantes que han cursado oficialmente la asignatura de Biología de COU durante el curso escolar 1996/97 y lo han terminado.

Para dar cuenta de cómo ha vivido el alumnado esta organización y de las consecuencias que ello ha tenido en su aprendizaje, se recurre a extractos de entrevistas desarrolladas al finalizar el curso escolar con algunos jóvenes a los que se les ha impartido la asignatura con este planteamiento alternativo. Comencemos por observar el siguiente diálogo:

ML: sí, es un modelo análogo al funcionamiento real de una célula. ¡Aaahhh ! Si yo te dijera ¡eeehhh ! vas a dar una conferencia sobre la estructura de una célula ; ¿cómo la organizarías?

Alfonso:... empezaría... empezaría hablando de los... sí, de las moléculas que forman todas las estructuras de la célula ¿no? de los principios inmediatos.

ML: ¡mj !

Alfonso: de sus propiedades ¡mmm !... de sus propiedades y lo de sus funciones... dentro de la célula ¿no? después... rela, después empezaría... no sé, hablando de cada org, de cada orgánulo y de la función que realiza cada orgánulo ¿no? para así parecer una... no sé, una correspondencia entre la estructura y la función que realiza.

...

ML: apoyas los textos y las imágenes. Si te dijera: la conferencia ahora no es de la estructura de la célula sino del funcionamiento de una célula ; ¿cómo organizarías tu conferencia?

Alfonso:..... es que antes era de, de [...]

ML: de la estructura.

Alfonso: ¡jejé! no.

ML: antes era de la estructura. ¿Pero cómo organizarías tu conferencia si te pidiera que fuera del funcionamiento?... ¿qué usarías para organizar tu conferencia?

Alfonso:..... no sé, [...] sí como que... ¡mmm ! [...] un recorrido ¿no? de, por ejemplo, una..., no sé, una proteína queee te comes y lo que le pasa dentro de la célula ¿no? que primero... una proteína no, en un glúcido pueees... no sé, una glucosa que.

ML: de una glucosa.

Alfonso: de..., ves... los pasos que va dando... y des, para así estudiaría todo el catabolismo ¿no?

ML: sí

Alfonso: aunque, aunque no estaría completo pero... y después ¡mmm !... no sé, los pasos queee... que seee realizan... si fuera inversamente ¿no?

Resulta curioso observar que este alumno organiza su exposición articulada en torno a los niveles de organización de la materia viva, tratamiento descriptivo habitual en los programas y en los libros de texto que no es el que se trató formalmente en clase; eso muestra que esta organización del contenido biológico está muy arraigada y resulta muy resistente y difícil de vencer y que eso puede ser consecuencia de la tradición escolar. Y es que, de hecho, la forma de abordar el estudio de la célula en cursos anteriores sigue patrones descriptivos, como muestra el siguiente ejemplo:

ML: las enzimas y esas cositas. ¡Aaahhh! [...] ¿Ha evolucionado tu modelo de célula a lo largo del curso?

Yaiza: por supuesto.

ML: por supuesto; ¿en qué sentido?

Yaiza: ¡claro! llego aquí diciendo una membrana, esto, una célula es un circulito con otro circulito dentro que es el núcleo.

ML: tú llegaste diciendo una célula es un circulito con otro circulito dentro.

Yaiza: sí; esto es lo que yo aprendí en el colegio y fue con lo que yo llegué.

ML: ¿y ahora?

Yaiza: ¿ahora? Ahora veo un montón de cosas metidas ahí dentro, ¡jejé! el circulito sólo no está, cada, dentro de cada circulito hay, a su vez, cosas, orgánulos y es muy complicado y hay muchos procesos yyy... ¡que va! No es lo mismo niíí, bueno, ni la sombra.

ML: ni la sombra. ¿Eso significa que ha evolucionado más lo que para ti es la estructura de la célula?

Yaiza: sí, además de eso, me ha cambiado el sentido y el concepto de la vida.

ML: ¿te ha cambiado el concepto de la vida?

Yaiza:... el concepto de vida.

ML: el concepto de vida, de vida.

Yaiza: sí.

ML: ¿por qué? ¿en qué sentido?

Yaiza: porque yo decía vivir qué es, no morir, y ahora ¡qué va a ser no morir!; va a ser que todo esto funcione como tiene que funcionar para que yo pueda vivir; ¡qué va! Ni la mitad de la...; no, me cambió todo.

ML: te cambió el concepto de vida, entonces; entonces, ¿no sólo te ha cambiado lo que es la estructura de una célula sino su funcionamiento?

Yaiza: sí, el funcionamiento del ser vivo por completo.

Obsérvese su percepción de una célula diferente a la que conocía de años anteriores, su cambio en el modo de entender este concepto, lo que justifica aprendizaje. Ese cambio en la conceptualización de célula, ese aprendizaje, se observa también en otra alumna que, además, en otro fragmento, nos ofrece su opinión sobre el trabajo realizado a lo largo del curso:

ML: quizás sí; a ver ¿en qué sentido ha evolucionado?

Genoveva: ¡hombre!, ahora ya conozco más o menos no en profundidad pero muchísimo más que al principio pues los orgánulos, cómo es su estructura, lo que contienen dentro, cuáles son los principios que los forman... y las funciones que llevan a cabo.

ML: y las funciones que llevan a cabo. [...]

...

ML: no. ¿La forma en la que lo hemos trabajado qué te ha parecido?

Genoveva: bien.

ML: bien, bien pero dime más.

Genoveva: ¡hombre! se han intercalado varias formas de, de plantear los temas.

ML: sí.

Genoveva: y a mí me gusta porque se varía ¿sabes?

ML: se varía.

Genoveva: no siempre es lo mismo porque así se hace más pesado.

Pero ¿qué es lo que más han aprendido y cómo se conecta eso con lo que ya sabían de cursos anteriores? Algunas respuestas a esto se han mostrado ya en los extractos anteriores; veamos lo que opina otra estudiante:

ML: ¿qué has ido sintiendo?

Sagrario: ¡tch ! las primeras clases..... sentía como que... ¡tch ! vi algo nuevo.

ML: había algo nuevo.

Sagrario: sí.

ML: ¿te refieres a que hay sorpresa?

Sagrario:..... sí.....

ML: sí.

Sagrario: me sorprendía, por ejemplo, que... ¡tch ! muchos años también habíamos estudiado la célula pero no de la misma manera, entonces... te das cuenta deee porque cuando... eeennn, en el colegio, bueno en 3º decían esto es una mitocondria y esto es un cloroplasto pero nunca sabía para lo que, para lo... ¡tch ! para lo que servía ni por qué era así... ni quéee tenía que ver que, por ejemplo, las células procariotas no tendrían... mitoncodria o las eucariotas sí.

ML: ¡aja ! Quieres decir, entonces, que ha habido un cambio.

Sagrario: sí.

ML: ¿ha evolucionado tu forma de entender la célula?

Sagrario: sí [...].

ML: ¿entonces ha evolucionado tu modelo de la célula?

Sagrario:... sí.

ML: ¿sí? ¿en qué sentido?

Sagrario: ¡tch ! antes veía una cosa muy estática, puede ser pues esto es como si fuera un... un puzzle o un cuadro, tú pones esta pieza va aquí, ésta va aquí, ésta así y ya está, pero nooo sabía ni porque ni por qué tenía que estar así ni nada.

ML: ¿y ahora?

Sagrario: ¡mmm ! ahora se supone queee... sabes por qué las mitocondrias tienen, por ejemplo, las, la matriz mitocondrial por qué la tienen replegada que es para.

...

Sagrario: no, la matriz es lo que está dentro.

ML: exacto.... Entonces, ¿ha evolucionado más lo que es la estructura o lo que es el funcionamiento?

Sagrario: el funcionamiento.

No parece haber duda de que la organización del contenido trabajada ha favorecido una forma más acertada de comprender la Biología, en general, y la célula en particular. Ejemplos claros de ello son los diálogos anteriores que nos han servido como dato. Cuanto menos, hemos de admitir que estos estudiantes ahora están atribuyendo a los seres vivos, y a su unidad -a célula- en particular, una complejidad que

hasta este curso (una vez habiendo estudiado ya unas cuantas veces en años anteriores Ciencias Naturales) no habían captado y es dable pensar que esto sea una consecuencia o producto de un tratamiento del contenido alternativo al habitual. Veamos ejemplos de ello en los siguientes fragmentos extraídos de la conversación mantenida con tres estudiantes:

A)

ML: ¡ah ! Desde el principio de curso hasta ahora ¿ha cambiado esa idea de célula que tienes?

Carla: claro.

ML: claro. ¿En qué sentido?

...

Carla: en lo que es el funcionamiento.

ML: en lo que es el funcionamiento.

Carla: la estructura no porque la estructura es la que, la que sabemos desde 1º, la estructura de una célula, pero el funcionamiento.

...

ML: se asemeja pero en el funcionamiento sí ha variado mucho.

Carla: sí... eeennn cómo funciona una célula ¿sabes? yo al principio no pensaba que fuera tan, tan complejo.

ML: tan complejo.

Carla: que realizara tantas funciones ni, ni que estuvieran, por ejemplo, los orgánulos relacionados unos con otros para realizar... sus funciones, para que al, al, en conjunto se realizara el, el metabolismo.

B)

Gustavo: no sé, yo había oído ya la palabra ¿no? del año pasado, lo habíamos hablado y tal pero... el año pasado más bien nos quedamos a nivel de tejido y orgánulos quizás y aun así los orgánulos... no los re, nooo los terminábamos de relacionar pues no sabíamos... que..., bueno sí, yo tengo este orgánulo pero ¿y qué hago con él? si tiene que sintetizar proteínas a lo mejor ooo no sé pero y, y bueno... ¿de dónde le llegan? ¿qué está haciendo ahí? o ¿dónde está o? y ahora ya pues se entiende un poco más ya ¡tch ! lo que tiene que estar ahí dentro y que... hacerlo de una forma más compleja.

ML: ¿te ha intrigado?

Gustavo: en parte sí.

ML: en parte sí. ¿Te ha sorprendido?

Gustavo: eso sí.

ML: ¿eso sí? a ver, ¿por qué?

Gustavo: no pensaba yo que fuera tan, tan difícil el... no sé,... sss una operación y cosas así, sí, un médico sí

porque lo tiene que estudiar un montón de rollos tal, pero... una célula, una, una tontería porque eso tiene que ser microscópico y.

ML: (risas).

Gustavo: que sea tan difícil porque ahí pasan tantas cosas queeee.

ML: pasan tantas cosas.

Gustavo: si ahí pasan tantas cosas.

ML: ¿nunca habías pensado que nosotros pudiéramos tener, un, un, nunca te habías planteado lo complejas que pueden ser nuestras funciones como organismos pluricelulares?

Gustavo: en parte sí porqueeee... tú piensas ¡coño! he crecido o estoy comiendo, esto a dónde va o esto qué hace o... no sé, si me sale algo en uuunn sitio pues de dónde sale esto o cosas así.

ML: ¿lo entiendes mejor a partir de haber comprendido más la célula?

Gustavo: quizás sí porque cuando comías antes decías: bueno y por qué esto es más necesario, qué me va a hacer esto, si esto... te lo ves... lo que va a hacer ahora o cosas así.

ML: [...] Me decías que ha habido cambios desde el principio de curso hasta ahora ¿cuáles son los cambios más significativos?

Gustavo: mi idea deee.

ML: tu propia idea.

C)

ML: ¡aja! ¿Ha cambiado [...] tu idea de célula?

Yanira: sí.

ML: ¿sí? ¿en qué?

Yanira: sí porque, por ejemplo, antes yo nooo, no, no me imaginaba la célula ¡tch! me imaginaba la del libro, la que vemos en... el dibujo de la célula pero... tampoco tenía idea de, de lo que hacían unos orgánulos u otros sino... unam ig, estática.

La visión de célula de estos jóvenes es otra; no piensan ya sólo en una estructura, sino que poco a poco han ido incorporando a la misma lo que realmente la mantiene viva, que es, precisamente, su comportamiento. Integrando diferentes procesos, distintas reacciones químicas de sus moléculas constituyentes es como han ido dotando a esa entidad de la complejidad que la caracteriza y han ido, por tanto, desarrollando representaciones mentales de la misma cada vez más explicativas y con una mayor aproximación a lo que la "ciencia formal" entiende como conocimiento validado en este campo. Y al mismo tiempo se han sorprendido,

les ha intrigado, lo han disfrutado lo cual, de por sí, ya es una novedad en las aulas. Veamos algunos extractos de los diálogos mantenidos:

A)

Jezabel: ¿a qué te refieres? ¿a que si me ha gustado y todas esas...?

ML: cómo has ido viviendo lo que hemos estudiado es lo que me interesa.

Jezabel: ¡hombre! yo nooo imaginé, también era porque no habíamos estudiado esto tan a fondo ¿no? pero no imaginé que esa cosa tan pequeña y que lo, que lo estudiaríamos nada más como membrana, citoplasma y núcleo realiza tantas funciones como realiza ¿no? y que todos esos, que los, los glúcidos yyy los lípidos ¿no? que nos, o sea, loos, ¡tch! los... ¡ay, Dios!... o sea que loos ¡mmm! eso va en, son nutrientes ¿no? o sea, lo estamos comiendo todos los días... pueees...

ML: [...]

Jezabel: pues se degradan, o sea, los, los orgánulos y todo eso ¿no? queee fueran capaces de degradar todo eso ¿no? y transformarlo en energía y todo eso; no pensé yo que... que fuera tan complejo.

ML: no pensaste que fuera tan complejo. ¿Te ha sorprendido?

Jezabel:... ¡hombre! no me ha sor, me ha sorprendido y no me ha sorprendido ¿no? porque la cienciaaa más bien son ¡eh! cosas muy complejas, pienso yo ¿no?...

ML: ¡mj!

Jezabel: yyy me ha, me ha sorprendido porquee, porque lo he estado estudiando ¿no? yyy... y cómo una cosa tan pequeña, como decíamos ¿no? en loos pósters podía hacer tantas cosas.

ML: ¿te ha gustado?

Jezabel: me ha gustado, me ha gustado un montón. [...] me ha gustado.

B)

ML: ¡ya! ya lo entiendo; bueno, vamos a ver... dime sensaciones, percepciones, emociones a lo largo del curso relacionadas con lo que hemos estudiado.

Amanda: ¡mmm!....., repetición.

ML: repetición, claro.

Amanda: lógico.

...

Amanda: Apren, aprendizaje también.

ML: ¿sí?

Amanda: sí.

ML: ¿en qué sentido?

Amanda: no sé, cosas que a lo mejor no me habían quedado claras del año pasado, lo de los ácidos nucleí-

cos, por ejemplo, no me había quedado muy... ; los lípidos tampoco del año pasado eran demasiado...

...

ML: te ha resultado grato, ingrato, pesado, agonizante, angustioso,...

Amanda: pesa, pesado ¡eh !, ¡ch ! todos los meses ahí un rollito otra vez de la célula, pero es que después, al final, me di cuenta que... de algo sirvió.

ML: ¿sí?

Amanda: sí porque esto de estarte recordando todos los meses lo mismo, y otra vez y tal, ya era como así, como el cuento de Capercita Roja y al final llegas y otra vez, ¿y qué tal?... pero claro siempre, no era lo mismo al final que al principio.

ML: no.

Amanda: porque siempre ibas añadiendo algo.

ML: sí.

Amanda: siempre ibas, pues, al principio sabías lo de que los glúcidos tal, todo el rollo de los glúcidos ; vale, pues le pones todo, lo relacionado con los glúcidos ; después ya con proteínas pues decías, ¡ño ! pues está con glúcidos pero también está con proteínas ; otra vez tr tal pero con proteínas ; después, volvías, ¡ño ! pero, por ejemplo, la, con lípidos, la β -oxidación, pero antes no estaba, ahora sí ; ¡ah ! pues otra vez la....

ML: ¿ha merecido la pena?

Amanda: ¿el qué?

ML: ¿hacerlo así?

Amanda: yo creo que sí, yooo al principio decía que no, que era una pesadez.

Pero, como se ve, también es pesado. Y es que no todas las opiniones son favorables. Como es lógico, existen diferentes estilos cognitivos, se dan distintos ritmos de aprendizaje en los estudiantes, y éstos plantean múltiples demandas y reclaman atención diversificada, siendo para algunos necesaria una mayor dirección de los procesos de aprendizaje que la trabajada con este planteamiento. A pesar de que "a priori" parece acertado y permite anticipar que se construye mentalmente una representación de célula más dinámica, no todos los jóvenes generan los conceptos necesarios y los relacionan para dar explicaciones más consistentes. Eso se ve también en los fragmentos mostrados, observándose que la fluidez en su discurso no siempre es buena y que la comprensión reflejada tampoco es siempre la que se buscaba. No a todos los estudiantes les gusta que los obliguen a una demanda tan intensa como la que emana del trabajo desarrollado ni les resulta adecuado

este planteamiento; un ejemplo lo tenemos en lo siguiente:

ML: más amplio. Y dime cosas que has ido sintiendo... a lo largo del curso en relación con este contenido, en relación con la célula.

Miguel: ¡ajaja !

ML: ¿esa sonrisa qué significa?

Miguel: nada que iba a decir una cosa ¡jeje !

ML: ibas a decir una cosa, dímela, por favor.

Miguel: sueño.

ML: sueño, has sentido.

Miguel: sí pero cuando estaba estudiando, no.

ML: sí pero cuando estás estudiando, no, ¿no en clase?

Miguel: no, en clase no.

ML: en clase no. Cuando estás estudiando, te da sueño estudiar la célula.

Miguel: no es que me dé sueño sino que me aburre tanto siempre lo mismo.

ML: aburre tanto siempre lo mismo.... ¿Significa eso que ha evolucionado poco nuestra concepción sobre la célula?

Miguel: no.

ML: no.... Si ha sido siempre lo mismo es que le hemos incorporado... ¿pocas cosas nuevas?

Miguel: qué va, han sido más cosas nuevas, lo que pasa es que el interés era el mismo. ¡mmm !

ML: el interés era el mismo.... ¿Alto o bajo?

Miguel: bajo.

ML: bajo. No te sugiere nada, no te seduce nada.

Miguel: hombreee, me gusta la Biología lo que pasa queee estudiar así... la célula y siempre la célula y dentro de la célula tal, ya sé que es lo básico para después entender lo otro pero... me aburre.

De hecho, uno de los riesgos de esta secuencia compleja convergente es la sensación de reiteración que puede suponer que el alumnado se canse y, por tanto, pierda interés, lo que, como es lógico, no favorece la integración que se pretende en su aprendizaje.

¿Qué podemos concluir como consecuencias pedagógicas del análisis y de la organización del contenido desarrollado desde la perspectiva del alumnado? Su percepción con respecto a la célula es diferente; han adquirido una visión de este concepto que no tenían, han captado una complejidad que desconocían, le han atribuido a esta palabra un significado que es muy dife-

rente del que traían, que era sólo estructural. La forma de abordarlo, a juzgar por sus propias palabras, ha favorecido que este cambio se produjera y este cambio es aprendizaje. Podría concluirse, pues, que esta organización facilita la comprensión de una entidad tan compleja y tan altamente estructurada para este nivel de enseñanza como es la célula y que los extractos de las entrevistas anteriores dan fe de ello.

¿Y qué decir desde la perspectiva docente?
¿Cómo se ha vivido la experiencia de esta organización alternativa del contenido relativo a la célula? Quizás la mejor manera de dar respuesta a estas cuestiones sea recurrir al diario de las sesiones de clase que se ha recogido durante la misma. Veamos algunos fragmentos:

24-2-97.

COU B:

- Al rato, Alejandro (grupo con Pastor, Yaiza, Andrea, Sagrario) me dice: ¿otra vez tenemos que estudiar los transportes? ¿no los vimos en Lípidos? Sagrario dice que esto es muy complicado y me pregunta por qué no lo damos "normal". Yo comento que nuestro objetivo es la célula; vamos avanzando, integrando nuevas cosas, retomando las anteriores..... y así, comprenderemos la célula. Este grupo va desarrollando el guión y van por el punto nº 5.

25-2-97.

COU A:

- En general, se hace un trabajo superficial, pasivo, de copia; no se tiene en cuenta que tratamos con células.
- Bibiana me pregunta si sólo tratan la desnaturalización en propiedades físicas. Yo contesto que no pero que, en todo caso, hablamos de células; nos interesa, entonces, ver qué tienen las Proteínas que molecularmente justifica sus propiedades y, consecuentemente, sus funciones; qué representa eso en una célula; por qué se habrán seleccionado, en el origen de la vida, estas moléculas.

26-2-97.

COU B:

- ¡No están para nada! No quieren trabajar en Proteínas aunque lo hacen, lo intentan. Es lógico: dentro de dos horas se examinan conmigo de Lípidos. ¿Qué voy a pretender? No soy tan insensata ¡ni tan insensible!.
- En el grupo de Alfonso, Sara, Carla y Esteban: Esteban me pregunta en qué reside la función de transporte; me comenta: "es por la especificidad". Yo quiero que lo razonen más y pregunto ejemplos de proteínas relacionadas con transporte; Esteban dice hemoglobina, Sara, proteínas de membrana, Alfonso, proteínas de transporte electrónico. Vemos que hablamos de niveles distintos y que seguimos teniendo

dificultades relativas a eso. Entienden qué razonamiento pretendo.

- Grupo de Pascual, Genoveva, Ángeles, Constanza, Yurma: Pascual me pregunta por qué hay que volver a ver mecanismos de transporte a través de membrana. Yo comento que nos interesa la célula y, por tanto, ver la globalidad; si para ello vemos lo mismo desde perspectivas diferentes, mejor conocimiento de la célula tendremos.

- Me llama Carla: estoy trabajando con función contráctil y en qué reside y estoy trabada. ¡Ah!, digo: ¿no tendrá que ver con el citoesqueleto? ¿No tendrá alguna relación con las estructuras terciarias?. Lo mejor estudiado en este sentido es el músculo; sigue esa pista. Esteban me dice (en relación con el transporte): tiene que ver que sean globulares para transportar porque si son fibrosas son insolubles. Yo pregunto: ¿podrían ser solubles las proteínas que hicieran la contracción?. Hablamos de estructuras y su importancia pero no se están dando cuenta.

- Oigo múltiples risas del grupo de Pascual.
- Carla sigue trabajando y ¡trabajando!, buscando información; tengo que ayudarla un poco.
- Voy al grupo de Alejandro, Pastor, Yaiza, Sagrario, Andrea: insisto en que es importante pensar en cómo se produce una reacción para entender el papel que ejercen los enzimas. Comento que no aceleran sino que disminuyen la energía libre de activación de la reacción; por lo tanto, a veces ralentizan una ruta metabólica. Comento el alosterismo y les recuerdo que la célula es pura química, un montón de reacciones; por eso es importante tener claro cómo funcionan los enzimas -hasta nuestras sensaciones son reacciones químicas. Me miran con ganas de que los deje salir ya.

Es importante insistir una y otra vez al alumnado y dirigir para que desarrolle procesos cognitivos que supongan un aprendizaje que para estos jóvenes sea significativo, pero a juzgar por los resultados (si tenemos en cuenta, por ejemplo, lo que ellos mismos comentan en las entrevistas), la organización del contenido que se ha llevado a cabo lo potencia porque favorece que se vayan integrando distintos procesos desde la perspectiva de las sustancias que los realizan. Es necesario ser reiterativos, se hace imprescindible una gran atención a todo lo que los jóvenes dicen para poder hacerles ver las relaciones con otras cosas y contenidos trabajados con anterioridad, tanto en lo relativo a estructuras como a dinámica o fisiología celular, pero ese proceso mental de razonamiento al que se les obliga, al final, tiene resultados positivos en su aprendizaje, siendo incluso transferible a otras áreas del conocimiento.

8-4-97.

COU A:

- Hacemos puesta en común de A.4 (datos de DNA). Surgen problemas de niveles de organización; nuevamente salta la liebre y tenemos dificultades para transferir el comportamiento de una célula al de un organismo pluricelular. Por ejemplo, Remedios: una neurona es más compleja que una célula epitelial; cuando pregunto si tiene más DNA (al hilo de uno de los datos) duda. Recuerdo uno de los principios de la Teoría Celular. Víctor dice: las neuronas no se dividen; por lo tanto, deben tener menos DNA. ← Óscar le dice que no se dividen porque no tienen centriolos. Además, no concuerda con lo que dice Remedios: más complicada, más DNA y no menos. Víctor dice, también, que las células neuronales no se nutren; insisto en esto: ¿puede haber células que no se nutran? Aclaro el papel de la glfa en el cerebro. Óscar comenta que los glóbulos rojos no tienen núcleo; yo pregunto si no tienen, entonces, información o si son células procariontas; pregunto si puede haber en un organismo células pro y eucariotas; qué pasaría, entonces, con la información. ¿Puede haber una célula sin información? Van dándose cuenta de todas estas cosas.

Secuenciar el contenido de manera convergente permite, como vemos, volver recursivamente sobre los conceptos ya trabajados y, por lo tanto, detectar y corregir errores biológicos. Esa permanente interacción facilita también el aprendizaje de los principios (como categoría de contenido) ya que éstos suponen la conexión de diferentes conceptos en función de la operación que los relaciona y, como ya se ha mostrado, la comprensión del comportamiento celular requiere la aprehensión de abundantes principios y no sólo conceptos.

Pero no todo son parabienes y satisfacciones; un trabajo como el expuesto con este modo de manejar el contenido también genera dudas. Así se ha recogido en el diario de sesiones, algunos ejemplos:

19-3-97.

COU B:

- Esto es decepcionante. ¿Qué estoy haciendo? Supongo que siempre pasa lo mismo a estas alturas.

10-4-97.

COU B:

- Me ha costado; he intervenido yo más de lo que pensaba y he tenido que preguntar hasta cuatro y cinco veces si tienen algo que decir, qué pueden comentar de lo que estamos viendo, etc. Están apáticos, callados, no intervienen, tienen una enorme desgana,.... Y este tema (ácidos nucleicos) es apasionante y precioso; yo no entiendo qué pasa cada vez que llegamos a esto porque no veo explicación a que no le saquen

partido; ¡bueno!. Mañana hay examen de Física; ayer de no sé qué,.... ¡En fin!

19-5-97.

COU A:

- Hago la síntesis final; voy superponiendo los mapas. Al final, pregunto qué les parece; nadie dice nada. Pregunto si es una buena síntesis, si se refleja el curso y Remedios asiente con cara de asombro.

Algunas reflexiones

La célula, efectivamente, es un concepto complejo y altamente estructurado para este nivel de enseñanza; aprenderla y enseñarla no es tarea fácil, como muestran las páginas precedentes. Porque no es tarea trivial ni fácil y porque la formación científica del alumnado está en cuestión, es por lo que todos y cada uno de sus matices, puntos de vista, aspectos son susceptibles de investigación, como Boyer y Tiberghien (1989) planteaban. Uno de ellos es el propio currículum, así como sus materiales educativos (Novak, 1977; Gowin, 1981). Es por esto que surge la necesidad de indagar sobre el propio contenido, de recrearlo como cultura académica, adentrándonos en su naturaleza y su sentido (Marrero y Rodríguez, 2001), de replantearlo si el resultado de trabajar con el mismo no ha sido satisfactorio y es de ahí de donde se deriva una propuesta alternativa (Rodríguez y Marrero, 2001). Pero eso no sirve de nada si de ello, de su experimentación no somos capaces de extraer consecuencias pedagógicas que nos permitan valorar-evaluar la bondad del planteamiento propuesto.

De eso es precisamente de lo que se trata y en ese proceso evaluador no cabe la menor duda de que lo que nos dicen los estudiantes como protagonistas activos del proceso. Porque son ellos quienes nos revierten la información pertinente que nos permita determinar esa bondad o valor de lo que hacemos; es de esta manera como, efectivamente, se refuerzan las propuestas didácticas (Carrascosa y col., 1991). En este sentido, utilizar como herramienta de evaluación de la propuesta alternativa al alumnado, la percepción de su aprendizaje y sus opiniones, ha resultado claramente eficaz, como muestran los diálogos precedentes.

En cualquier caso, y según se desprende de lo expuesto, el balance de la aplicación de esta

forma alternativa de ver la Biología Celular es positivo pues ha posibilitado un aprendizaje que responde de mejor manera a lo que hoy se demanda de este contenido científico. Se ha generado, un aprendizaje significativo que es científicamente aceptado por la comunidad que amplía y verifica ese contenido.

Posiblemente esa visión anterior de célula que traían los estudiantes al aula, esas imágenes que han visto en los libros de texto, están actuando como obstáculos epistemológicos para comprender una entidad tan compleja como es la célula. Esos obstáculos no parecen superarse con un tratamiento descriptivo articulado en torno a los niveles de organización de la materia viva, pues no favorece la interconexión de los diferentes procesos celulares, la relación dinámica que mantienen las distintas moléculas en los diversos orgánulos y estructuras de la célula, que es lo que se ha pretendido conseguir con la propuesta alternativa. En ésta, al ir incorporando en cada unidad didáctica los procesos que realiza cada uno de los principios inmediatos a "la misma célula", vamos construyendo y reconstruyendo esos procesos metabólicos porque necesariamente tenemos que recurrir al papel que ejercen en ellos y, por tanto, a estudiar rutas metabólicas en las que intervienen más de uno de esos principios inmediatos. Así, las mismas estructuras y orgánulos celulares se abordan progresivamente (más de una vez) ya que intervienen en diferentes procesos, con lo que la "cosa" que se estudia, la célula,

gana en complejidad, es decir, la célula que se construye en la mente de los estudiantes responde de mejor manera al conocimiento validado sobre la misma por la ciencia formal, adquiriéndose en todo ese proceso una mayor comprensión al respecto.

Se considera acertada, por tanto, la organización propuesta, ya que favorece estos aprendizajes de forma relacionada e interconectada; sin embargo, es conveniente señalar que los jóvenes plantean dificultades al enfrentarse a una organización como la descrita, haciéndose conscientes de las ventajas que este planteamiento reporta al final del curso, aun cuando se les recuerda la red global en varios momentos a lo largo del mismo. El alumnado ha manifestado, de cualquier manera y a pesar de lo comentado, su acuerdo con este planteamiento; según su palabras, la organización del contenido trabajada les satisface.

Este estudio también ha resultado altamente positivo en términos de profesionalización docente, en la medida en que ha permitido desarrollar un conocimiento mayor del papel que tiene el contenido en los procesos de aprendizaje, por una parte; y, por otra, actualizar y reflexionar sobre lo que debe ser para este nivel de enseñanza la estructura y el funcionamiento celular, combinando para ello el sentir, el pensar y el hacer que subyacen a todo proceso de construcción de conocimiento.

Bibliografía.

- Afonso López, R.; Bazo González, C.; Henríquez Santana, J.A.; López Hernández, M.; Macau Fábrega, M. D.; Marrero Acosta, J. y Rodríguez Palmero, M. L. 1998. Contenidos, metodología y alumnado. Una valoración crítica de la enseñanza en BUP y COU. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pág. 99-130.
- Bazo González, C., Rodríguez Palmero, M.L., y López Hernández, M. 1994. Los Glúcidos. La célula. Diferentes perspectivas. Materiales Curriculares INNOVA. Consejería de Educación, Cultura y Deportes. Gobierno de Canarias.
- Boyer, R. y Tiberghien, A. 1989. Las finalidades de la enseñanza de la física y la química vistas por los profesores y alumnos franceses. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), pág. 213-222.
- Carrascosa, J., Fernández, I., Gil, D. y Orozco, A. 1991. La visión de los alumnos sobre lo que el profesorado de ciencias ha de saber y saber hacer. *Investigación en la Escuela*, 4.
- Gowin, D. B. 1981. *Educating*. Ithaca, N.Y. Cornell University Press.
- Marrero Acosta, J. 1988. Teorías implícitas del profesor y planificación de la enseñanza. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica e Investigación Educativa y del Comportamiento. Universidad de La Laguna.
- Marrero Acosta, J. y Rodríguez Palmero, M.L. 2001. La recreación de la cultura académica: la cuestión de la naturaleza y el sentido del contenido curricular. (Pendiente de publicación)
- Moreira, M. A. 2000. *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Ed. Visor. Madrid. 100 pág.

- Moreira, M.A. 1997. Modelos Mentais. Investigações em Ensino de Ciências. Vol. 1, n. 3 (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>).
- Novak, J.D. 1977. *A theory of Education*. Ithaca. N.Y. Cornell University Press.
- Rodríguez Palmero, M. L. 1997. Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza/aprendizaje de la estructura y del funcionamiento celular. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2 (2). (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>)
- Rodríguez Palmero, M. L. 2000. Modelos mentales de célula. Una aproximación a su tipificación con estudiantes de COU. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica e Investigación Educativa y del Comportamiento. Universidad de La Laguna.
- Rodríguez Palmero, M. L. 2002. La concepción científica de célula para la enseñanza de la biología. Una reflexión aplicable a la escuela secundaria. *Revista de Educación en Biología*. Vol 5 (1). pp 41-50.
- Rodríguez Palmero, M.L. y López Hernández, M. 1994. Composición y organización celular. Primeras nociones. La célula. Diferentes perspectivas. Materiales Curriculares INNOVA. Consejería de Educación, Cultura y Deportes. Gobierno de Canarias.
- Rodríguez Palmero, M.L. y Marrero Acosta, J. 2001. Un análisis y una organización del contenido de la Biología Celular. (pendiente de publicación).
- Rodríguez Palmero, M.L., Bazo González, C. y López Hernández, M. 1994. Origen de la vida. Niveles de organización. La célula. Diferentes perspectivas. Materiales Curriculares INNOVA. Consejería de Educación, Cultura y Deportes. Gobierno de Canarias.
- Yager, E. R. y Penick, J. E. 1984. What students say about science teaching and science teachers. *Science Education*, 68 (2), pág. 143-152.