

---

## La concepción científica de célula para la enseñanza de la biología. Una reflexión aplicable a la escuela secundaria

---

María Luz Rodríguez Palmero

I.E.S. Dr. Antonio González y González, Tejina, La Laguna. Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias. España.

### Resumen

Se exploran las concepciones formales que en la actualidad se postulan con respecto al concepto célula, derivadas de lo que ha sido su proceso de construcción como tal conocimiento, por una parte, y, por otra, de la visión que de la misma y de su aprendizaje tienen diversos especialistas en el tema. De ello se desprende la necesidad de revisar los contenidos de Biología Celular, adecuando e incorporando los conceptos esenciales que dicha exploración ha determinado como fundamentales en su comprensión.

### Abstract

The formal conceptualizations that are currently proposed regarding the concept of cell are explored in this work. The conceptualizations are identified first by the process of construction of the concept, and second from the views that experts in the field have about this topic and its learning. It is concluded that there is a need to reconsider the contents of cellular biology in order to modify and include knowledge that was identified as fundamental for the understanding of the topic.

### Introducción

La célula es un concepto clave para el conocimiento biológico. Se trata de una entidad compleja y abstracta sobre la que nuestros estudiantes construyen su conocimiento a partir del discurso que la escuela les ofrece, un contenido cargado de un alto grado de abstracción y complejidad para los mismos a partir de la que deben generar su aprendizaje; una entidad que es física, real, que existe en ese mundo físico, pero que ellos no pueden ver ni verificar. Y es una entidad que determina la estructura y el funcionamiento de todo el mundo vivo; condiciona, por tanto, su comprensión, su interpretación, su representación (Rodríguez y Moreira, 1999). "Célula" ha sido históricamente, y lo es ahora, un concepto difícil de aprender. Frecuentemente se observan problemas de conceptualización biológica como dificultades en la concepción de fotosíntesis, desconocimiento del nivel celular, ausencia de transformaciones químicas en la célula, ausencia de comprensión del destino de los nutrientes, visiones o ideas estáticas de la célula carentes de funciones, incompreensión de la división celular, desconocimiento o ausencia de comprensión de las funciones vitales, asignación celular a unos seres vivos y a otros no, etc, que obstaculizan la comprensión del comportamiento de los seres vivos pluricelulares. Como se ve, son mu-

chos aspectos diferentes, como distintos fueron también los objetos de estudio de las investigaciones que los produjeron como resultado, pero todos ellos detectan y plasman el mismo problema común: ausencia de comprensión biológica de los seres vivos por desconocimiento y ausencia del significado de la célula como su unidad constituyente. Vemos, pues, la evidencia de la importancia de este concepto y la necesidad de su investigación y análisis (Rodríguez Palmero, 1997, 2000).

Podría pensarse que siendo célula un concepto tan complejo y tan altamente estructurado para el alumnado de enseñanza no universitaria, y teniendo en cuenta los problemas detectados que genera su aprendizaje, lo más acertado sería retrasar su incorporación en el currículum escolar. La cuestión fundamental no es ésta, sino que seamos capaces de determinar cuáles son los modos de representación que los estudiantes generan, al margen de su edad, pues es sabido que incluso en etapas relativamente tempranas de escolarización se tienen esos modos de representación contruidos, bien por percepción (poco probable en lo que a célula se refiere) o bien por el procesamiento de la información que se les facilita, el discurso que se les ofrece; y, básicamente, que podamos hacer evolucionar esas formas de representación. No se discute en este momento el papel que ejercen esas representaciones en los procesos de

enseñanza y de aprendizaje; está claro también que se dispone de suficiente documentación como para caracterizarlas en función de sus atributos definitorios como son su carácter autónomo, su persistencia, su relativa universalidad, su resistencia, su coherencia, su carácter implícito y su funcionalidad. (Rodríguez Palmero, 1997).

En este sentido, resulta crucial que como docentes tengamos un conocimiento profundo de esos modos de representación que los jóvenes construyen y manejan, pues es eso lo que extraen de la escuela; pero, al mismo tiempo y precisamente por eso, es prioritario que conozcamos este contenido científico que pretendemos que se aprenda que, como vemos, plantea serios problemas de aprendizaje, que analicemos sus entresijos, que replanteemos su necesidad y, fundamentalmente, la forma de abordarlo y de enseñarlo, su selección y organización, en definitiva; cabe la posibilidad, cuanto menos "a priori" así puede pensarse, de que ello nos dé pistas que nos permitan superar esos problemas de comprensión detectados o al menos intentarlo.

Si de enseñanza y de aprendizaje es de lo que hablamos y si lo que se pretende es que los estudiantes generen un conocimiento actualizado y científicamente aceptado de lo que se entiende por célula y de lo que la comprensión de este abstracto y complejo concepto supone, se hace necesario abordar un análisis o, cuanto menos, una reflexión al respecto. Desde esta perspectiva, el propósito del presente trabajo es explorar las concepciones formales actuales sobre la célula recurriendo para ello a lo que ha sido, en líneas generales, "su propia historia", por una parte, y, por otra, a las opiniones que genera en especialistas en el área. De este modo, podremos captar la esencia de lo que se entiende desde esa ciencia formal como conocimiento validado en el tema, así como detectar aquellos elementos que resultan desde la misma claves para su comprensión.

### **¿Cuál es el modelo de estructura y de funcionamiento celular que ostenta la "ciencia formal"?**

Habitualmente nos adentramos en el aula y nos sumimos en el trabajo que ello supone dando por sentado que conocemos aquello que vamos

a impartir y enseñar al alumnado; nos vemos inmersos en la tarea diaria de la docencia sin caer en la cuenta de que detrás de nuestras decisiones siempre hay una forma concreta de entender la enseñanza y el aprendizaje, una concepción epistemológica subyacente que, sea consciente o no, delimita y condiciona esas decisiones y modos de trabajar en el aula, una forma de pensar que se asume de modo tácito y sin críticas y que, como decimos, no siempre es consciente ni explícita (Cawthron y Rowell, 1978; Hodson, 1985; Silveira, 1992, 1996). Esa misma ausencia de sentido crítico nos lleva a aceptar incondicionalmente los libros de texto como guía de nuestro trabajo y en ellos muchas veces aún domina un carácter empirista-inductivista que está lejos de ser el referente más idóneo para lo que hoy se entiende por ciencia. Esa visión que los programas oficiales y los materiales curriculares nos ofrecen no parece ser la que la "ciencia formal" entiende por conocimiento validado y por ello la cuestión que da título a este apartado resulta más que pertinente en la medida en que, como es evidente, genere reflexiones directas de carácter didáctico que podrían aportar, cuanto menos, algunas soluciones o planteamientos alternativos y que nos conducen indefectiblemente a una revisión de la selección y análisis del contenido desarrollado hasta ahora.

De hecho, es de ciencia de lo que se habla, de su desarrollo, de sus implicaciones y consecuencias y quizás por donde debería empezarse es por llevar a cabo una reflexión relativa a su propia concepción, a cómo la conceptualizamos y entendemos desde la docencia y para su enseñanza; cabe la posibilidad de que la esteamos dotando desde nuestras prácticas escolares de mayor poder y de mayor capacidad de control del que realmente tiene.

*"Sin embargo, como todos los dioses, es imperfecto (a). Su historia sobre nuestros orígenes es, cuando menos, insatisfactoria. A la pregunta "¿cómo empezó todo?", la ciencia nos responde, "probablemente por accidente". A la pregunta "¿cómo acabará todo?", la ciencia nos responde, "probablemente por accidente". (Postman, 1999, pág. 21).*

Insatisfacción es lo que se plantea con la forma de abordar el contenido hasta el momento y por

eso se hace necesaria esa revisión, incluso en términos de la propia concepción de ciencia y de la Biología como tal, y porque las respuestas a los problemas de su enseñanza y de su aprendizaje no deben ser “probablemente por accidente” es por lo que el contenido en sí se convierte en una cuestión relevante. El conocimiento biológico debe ser analizado y su historia debe comprenderse porque será de ese modo como podremos acercarlo mejor al alumnado y, desde esa perspectiva, hemos de recordar que, precisamente, en esa historia la Biología pasó de ser “*un saber inofensivo que trata de comprender a un poder que permite al hombre transformar la naturaleza y transformarse a sí mismo*” (Host, 1988, pág. 47).

¿Tiene un conocimiento del contenido repercusiones en los modos de construcción de las representaciones que genera el alumnado en este tema? ¿Responden las representaciones de los estudiantes al modelo de célula que desde la “ciencia formal” se ha postulado? ¿Delimitan nuestros estudiantes las distintas categorías de contenido y las integran en una representación coherente, científica y contextualmente aceptada, de la célula? ¿Sigue el trabajo docente habitual estas premisas o, cuanto menos, lleva a cabo reflexiones de esta naturaleza? Quizás durante mucho tiempo y hasta ahora no nos habíamos planteado cuestiones como las precedentes y quizás, también, no habíamos reflexionado al respecto sino que seguíamos la tradición escolar que generalmente responde a lo que los programas oficiales y los libros de texto nos plantean que habitualmente sigue, cuanto menos en su presentación formal, una común y única lógica articulada en torno a los niveles de organización de la materia viva.

“*En una sociedad verdaderamente democrática, la educación <<debe preparar al ciudadano a elegir entre criterios o encontrar su camino en la sociedad que contiene grupos comprometidos con varios criterios, pero bajo ninguna condición debe dirigirse a su mente para que se conforme con los criterios de un grupo particular (Feyerabend, 1991)>>. La ciencia, entonces, debe ser tratada como un cuento más, como una tradición entre otras posibles*” (Greca, 1999, pág 208-209).

La educación científica, por tanto, y consecuentemente la enseñanza, no tiene por qué

estar comprometida con una única lógica pues no hay una única forma de organizar el contenido científico (la ciencia), sino que debe comprometerse con la apertura del abanico posible de planteamientos y, sobre eso, reflexionar y justificar la opción realizada, dentro de las lógicas posibles. No hay un único modo de organizar el contenido biológico; no es más que un apego a la tradición, en términos de Feyerabend, su articulación en torno a los niveles de organización de esa materia viva lo que cercena y limita propuestas pluralistas para su enseñanza.

“*La forma en que somos capaces de teorizar acerca del mundo es algo que tenemos que descubrir y no algo que podamos establecer de antemano mediante un argumento filosófico*” (Chalmers, 1994, pág. 229).

Quizás debemos indagar para descubrir otras formas de teorizar y conceptualizar la Biología, no aceptando de antemano y por cuestión de fe la única lógica que se nos ha propuesto en los programas oficiales y materiales curriculares. Esa organización, como se detecta en las aulas y como se demuestra en la investigación educativa, no parece haber favorecido los aprendizajes que se esperaban en el alumnado y probablemente tampoco haya sido meditada por parte de quienes la impartimos y trabajamos con los estudiantes; posiblemente no nos hayamos parado a pensar por qué esa lógica y no otra, por qué unos conceptos y no otros y “a priori” cuanto menos, es dable pensar que esto tenga alguna relación con esos aprendizajes que el alumnado no está generando o que hace de forma incompleta e insuficiente. Un análisis que nos permita entender y justificar la presencia de determinados conocimientos en el currículum es relevante en la medida en que nos permitirá también comprender por qué ese contenido está presente en el mismo, cómo incluirlo, de qué manera abordarlo, en suma, pensar en la ciencia que se intenta enseñar y se espera que se aprenda. Se pretende, pues, aportar algunas posibilidades en esta línea, en definitiva, intentar dar respuesta desde una perspectiva personal a la última de las cuestiones formuladas, abordando para ello algunas posibles respuestas también a las anteriores.

¿Y por qué es tan importante este contenido? ¿Por qué se ha seleccionado? Como muestra la

bibliografía, los mayores y más graves problemas de conceptualización de la materia viva y, consecuentemente, de nosotros mismos como individuos vivos, se relacionan con dificultades en el aprendizaje y en la comprensión del concepto de célula. Éste es uno de esos conceptos que probablemente carezcan de una motivación intrínseca para el alumnado, dado su alto grado de abstracción, pero su selección en los contenidos curriculares a este nivel es obligada.

*“En 1894, Verworn desarrollaba de manera sistemática esta idea [relación fisiología del organismo/fisiología celular] en su tratado de fisiología general: el estudio de cada función nos remite siempre a la célula”.* (Host, 1988, pág. 36/37).

El análisis y organización de estos contenidos es absolutamente necesario, como se desprende de lo expuesto. Nuestra finalidad es desentrañar los entresijos de este contenido para poder utilizarlo de manera coherente en la organización de la enseñanza y parece obligado comenzar por lo que la ciencia formal contempla como conocimiento validado al respecto.

*“La enseñanza puede interpretarse como un cambio de significados sobre determinado conocimiento entre profesor y alumno, hasta que comparten significados comunes. Son esos significados compartidos los que permiten la incorporación de la estructura conceptual de la materia de enseñanza a la estructura del alumno sin el carácter de imposición.”.* (Moreira, 1996, pág. 5).

Dado que lo que nos planteamos es la enseñanza de la célula que impartimos y dado que estamos vislumbrando diferentes posibilidades y enfoques, habremos de tener en cuenta cuál es la situación actual del contenido que hemos utilizado para ello. ¿Está actualizado ese contenido que se ha seleccionado? ¿qué modelo de célula tienen los expertos? ¿se pueden definir las líneas básicas de lo que, en este momento, se considera desde la investigación de alto nivel una célula y sus implicaciones en términos de su funcionamiento? ¿cuál es el conocimiento producido en este tema o, lo que es lo mismo, la estructura substancial o semántica de la Biología Celular -su núcleo duro-? ¿y cómo se ha generado, verificado y ampliado, es decir, cuál es su estructura sintáctica?

Hemos de abordar la respuesta a estas cuestiones porque tendría poco sentido que hubiera contradicciones y discrepancias entre la docencia que ejercemos y el conocimiento producido en los últimos tiempos. El análisis y la organización del contenido necesariamente tienen que estar actualizados porque de lo contrario pierde su funcionalidad y eso es responsabilidad docente. Y por ello conviene reflexionar, siquiera mínimamente, sobre lo que la historia de la Biología ha generado, de manera que esa breve revisión nos aporte algunas claves y nos sitúe en relación con los conceptos y elementos, las tendencias también, que guían el desarrollo del conocimiento en lo que a célula se refiere. La historia del conocimiento desarrollado sobre la misma es un magnífico ejemplo de los procesos dinámicos que lo han producido y aún lo siguen produciendo, una forma de entender el conocimiento biológico y de considerarlo como *“aportaciones sucesivas no como resultados de un proceso, por lo demás complejo, sino como actos de apropiación de la comunidad científica. ... La sucesión de ideas al respecto no se ha desarrollado así, de forma lineal, con aportes continuos de ideas, como se supone que se construye una casa”* (Giordan y Raichvarg, 1988, pág. 13).

Está claro que se ha producido una evolución importante en el ámbito de la Biología, fundamentalmente en su vertiente microscópica; la lógica de la disciplina que ha guiado los procesos de indagación y de investigación durante mucho tiempo respondía a planteamientos ligados a los niveles de organización de la materia viva y, en ese sentido, fueron investigaciones básicamente descriptivas. Los mecanismos de validación del conocimiento que se producía han guardado relación con este presupuesto teórico de base y en lo que se refiere a la célula necesariamente han ido aparejados al desarrollo tecnológico que los sustentaba o justificaba. Se verifica y se amplía el conocimiento en este tema en la medida en que son cada vez más los investigadores que comparten estos planteamientos y que aportan datos y modelos relativos a distintas estructuras celulares y subcelulares. Pero no se está dando respuesta, en este momento, a la célula como entidad viva, no se está generando conocimiento en este sentido. Abordar las reacciones químicas más sencillas de estudiar, las más asequibles, supone, en ese

entonces, un gran salto en la medida en que se ve una posibilidad de ampliar el conocimiento; surge esta necesidad y, por lo tanto, el consenso que valida estas primeras investigaciones bioquímicas. Se pasa, entonces, en términos del núcleo duro, de la estructura semántica, de un enfoque descriptivo a un enfoque centrado en las moléculas y este cambio emerge con fuerza ya que se considera a los enzimas como la esencia misma de las células, los elementos claves que determinan el funcionamiento de las moléculas y, consecuentemente, de las propias células; en este sentido se amplían los horizontes ya que es necesario incorporar contenido físico y químico para poder explicar lo que es una célula. El éxtasis en esta perspectiva llega cuando se esclarece el papel del DNA y se considera que *"comprender los ácidos nucleicos equivalía a comprender la esencia del estado vivo, superando así un gran reto de la biología"* (Alberts y col. 1986, pág. XXXVII). Obsérvese que en este contexto no se habla de Citología sino de Biología.

A pesar de la euforia de los primeros momentos, el desencanto no se hizo esperar; la frenética actividad investigadora aportó un gran cuerpo teórico relativo al papel del DNA en el comportamiento celular, conocimiento validado por contrastación empírica, pero la célula sigue siendo mucho más. *"La mera observación nos indica que la célula más sencilla es más ingeniosa y complicada que cualquier máquina computerizada diseñada hasta hoy"*. (ibid.). Cierto es que supuso una revolución, una forma nueva de abordar el estudio de la célula y cierto es, también, que eso no era todo, que no agotaba su conocimiento y, de hecho, la investigación reciente sobre el genoma humano nos muestra evidencias de ello, así como también plantea nuevos interrogantes que traspasan los propios límites de la ciencia tal y como se ha entendido hasta ahora (¡positivista, neutra y objetiva!), resituándola como una construcción humana sujeta, por tanto, a los condicionantes relativos a procedimientos (tecnológicos) y éticos que la caracterizan.

La célula era; es, mucho más y aún queda mucho que indagar para conocerla y comprenderla; no es sólo una palabra en vías de desaparición en lo que se refiere a investigación, como lo es frente al de compartimentación (Giordan

y Raichvarg, 1988), sino que es un concepto que nos muestra el valor de ser un buen ejemplo de la historia de la ciencia, ya que refleja los distintos niveles de formulación del mismo a lo largo del tiempo (ibid.). Como Host plantea (1988, pág. 51):

*"La Biología se desarrolla construyendo, mediante aproximaciones sucesivas, el objeto que postula sin que lo conozca de partida. El conocimiento avanza por la alternancia de trayectorias realistas basadas en la observación y procedimientos que pueden relacionarse con el razonamiento sobre modelos. Vamos cerrando progresivamente el cerco sobre una realidad que nos desconcierta, pues es el producto de una larga historia que en buena parte desconocemos"*.

En todo caso, como se ve, se han ido planteando soluciones que han sido parciales e insuficientes para explicar esa entidad viva tan única y peculiar y se han ido modificando, también, las formas de abordar su estudio de manera extraordinariamente dependiente del desarrollo tecnológico; pero no es éste el que ha determinado los cambios de perspectiva, no han sido las técnicas las que han verificado y ampliado el conocimiento disponible sobre la célula. Ha sido una evolución tendiente a considerarla como entidad única e irreplicable sujeta a interacción, a intercambios de información en todos los sentidos, a comunicación, lo que ha hecho que ese conocimiento efectivamente se valide o, lo que es lo mismo, que se delimite su estructura sintáctica. Y lo que a estas alturas es evidente es que nadie duda de la existencia de un cuerpo concreto y determinado de conocimiento que se identifica con lo que la célula es y representa en el mundo de lo vivo, es decir, de una estructura semántica, un contenido cuyas implicaciones conceptuales, relativas a procedimientos científicos y a actitudes justifican su presencia en el currículum escolar dado su carácter de formación básica en la sociedad actual, aun cuando admitamos sus dificultades de conceptualización, debido a su alto grado de abstracción y estructuración para este nivel de enseñanza. Estructuras, ambas (semántica y sintáctica), que son las que definen este campo del conocimiento, desde la óptica de Schwab (1963), como una disciplina científica.

Esa estructura (semántica y sintáctica) apunta hacia una revisión de los contenidos de la Biología que debería articularse, como se deriva de lo anterior, en torno a significados tales como: reacciones, actividad molecular, interacción, intercambio, información, comunicación, genoma, como conceptos determinantes en la comprensión de la célula como unidad de los organismos vivos. De hecho, progresivamente se ha pasado de una célula estática que se describe a una célula dinámica que actúa y reacciona.

Pero ¿de qué disciplina científica hablamos? ¿De Citología o de Biología Celular? Estos conceptos estructurantes de los que se acaba de hablar no parece que se vean atendidos desde una perspectiva descriptiva articulada en torno a los niveles de organización de la materia viva, como es la que emana de la Citología como ciencia. ¿Y cuál es la que se está impartiendo en las escuelas? La respuesta, evidentemente, es personal y corresponde a cada docente hacerla para sí, pero a juzgar por los programas oficiales y por los libros de texto más usados en las mismas, estamos bastante más próximos a trabajar aspectos descriptivos que definirían la orientación y definición de la primera de ellas. Podría concluirse, si atendemos a lo expuesto, que la propia historia del conocimiento generado sobre la célula nos está indicando la necesidad de replantear la forma de incorporar este contenido en el currículum, de manera que actualicemos en los procesos de aprendizaje los referentes que están guiando hoy por hoy su investigación. Es previsible, pues, que ese replanteamiento genere o, al menos, facilite la superación de los obstáculos y problemas detectados en la comprensión biológica.

Una vez realizada esta visión general de la investigación biológica, recurramos a quienes realmente amplían y verifican ese conocimiento para ver desde posiciones más personales, más cercanas, lo que opinan al respecto. Se ha utilizado como instrumento una entrevista semiestructurada realizada a cinco especialistas en investigación relativa al tema que, al mismo tiempo, son docentes universitarios. Su selección no ha respondido más que al criterio de su disponibilidad y cercanía, si bien hemos de añadir su idoneidad, dada su trayectoria profesional. Dos de ellos son catedráticos de

Citología de sendas universidades españolas con una dilatada trayectoria en investigación de alto nivel en el campo que nos ocupa; al mismo tiempo, son personas que han mostrado en múltiples ocasiones su interés y su preocupación por la docencia. Otra de las personas entrevistadas es investigadora en el ámbito de la Fisiología Vegetal, desarrollando también durante años la Coordinación de la Biología de COU, cargo ocupado con posterioridad por otro de los entrevistados, que ejerce su actividad investigadora en el campo de la Fisiología Animal y que ha mostrado, como los anteriores, su interés por el mundo de la docencia, habiendo desarrollado su labor, también, como profesor no universitario. Y la quinta persona es profesora ayudante de clases prácticas del Dpto de Citología y Biología Celular y doctoranda en ese campo del conocimiento.

A continuación se muestra una síntesis de sus respuestas a las cinco preguntas que han articulado la conversación mantenida con estas personas.

- ¿Cuál es para la ciencia el modelo actual de la célula? ¿Qué se entiende por célula hoy desde la ciencia?

No hay un solo modelo de célula hoy. Es una unidad anatómica independiente; lo más pequeño con funcionamiento autónomo. Es una unidad estructural y funcional de cualquier organismo vivo; es una unidad funcional con capacidad para autoreplicarse, para regularse y para responder a estímulos tanto externos como internos. Secreción, excreción, reproducción, ..., son funciones de todas las células; cuando se quiere explicar una función concreta, se usa un modelo de una célula en la que esa función sea característica. En el "modelo" actual de célula los sistemas de membranas, los compuestos enzimáticos, el citoesqueleto, la matriz extracelular, los ácidos nucleicos son elementos fundamentales. La tendencia actual no es descriptiva, no es morfológica, sino que se ha optado por modelos dinámicos, modelos de correlación estructura/función, así como la integración de niveles de organización.

- ¿Cómo podríamos expresar el funcionamiento de una célula?

La célula funciona como tal porque se produce un flujo dinámico de información, información que se transmite de fuera hacia dentro y de dentro hacia fuera. Para procesar esa información dispone de mecanismos genéticos que le permiten desarrollarse y diferenciarse, de un genoma; pero para ello la célula no depende sólo de su genoma, sino también de la información que recibe, de la que viene del exterior, como se comentaba anteriormente. Una célula puede modificar su conducta dependiendo de esa información del exterior, puede incluso morir cuando tiene que hacerlo y esto no depende sólo del genoma. Por lo tanto, se dan procesos de diferenciación que se relacionan con la expresión de unos genes y no de otros; una diferenciación que es secuenciada en el tiempo y que, en función del medio, se produce de una forma o de otra. Esto hace que una célula responda de maneras diversas, se comporte de modos diferentes; y esa respuesta, ese comportamiento, esa interacción se produce dependiendo no sólo de la naturaleza del mediador sino también de los mecanismos que active el receptor ↔ la célula modifica la respuesta del genoma en función del medio, del entorno, de los estímulos. Esto es información química que es lo que permite que haya comunicación en los dos sentidos.

- ¿Cuáles son los elementos-clave en la comprensión de la estructura celular?

Lo primero que habría que plantearse es por qué es tan importante la estructura celular. La Citología (campo del conocimiento destinado al estudio de la célula) no nació como ciencia; se ha hecho "a posteriori" gracias al desarrollo de la microscopía; es la tecnología lo que ha permitido que se produzcan ampliaciones en dicho conocimiento. Para el ámbito de la Biología Celular, la estructura de la célula como tal es intrascendente; y la Biología Celular es la tendencia actual. Es necesario, claro está, tener un conocimiento aceptable de la estructura para abordar estudios de naturaleza más biológica en niveles o investigaciones superiores, y por ello, la estructura debe estudiarse en la enseñanza no universitaria. ¿Pero en términos descriptivos? Una célula se desarrolla con el principio de mínima energía y máxima funcionalidad para ser capaz de responder a la mayor cantidad de estímulos posible. Es un sistema

ordenado y, precisamente, es ese orden interno lo que hace su más alta contribución a aumentar el desorden. Y es único, en términos de unidad de vida, de todos los seres vivos y con ese único patrón que, al mismo tiempo es diverso. ¿Cómo se consigue esto?. ¿Qué estructuras sustentan esta "paradoja"?: la interconexión de ellas; todas y cada una de esas estructuras son las que dan soporte físico al conjunto de funciones que hacen que una célula lo sea. La relación estructura/función es vital para comprender la célula y, hoy, membranas y citoesqueleto, a nivel subcelular, y los enzimas, en el bioquímico, son determinantes en esa comprensión.

- ¿Y cuáles son los elementos-clave en la comprensión de su funcionamiento?

Es la comunicación lo que explica el funcionamiento de una célula. Es el patrimonio genético lo que controla dicho funcionamiento, es el núcleo, pero la información contenida en él no se expresa por igual y de igual manera en las distintas células. No sólo es necesaria la información sino que también es importante la forma de hacerla llegar al exterior del propio núcleo, por una parte, o sea, síntesis de proteínas como vía de expresión de ese mensaje; y al exterior celular, por otra, es decir, mediadores, receptores, interacción y, por lo tanto, expresión de unas respuestas o de otras en función de la información recibida de ese medio externo. Es comunicación a nivel químico lo que hace que una célula sea hepática o neuronal. Pero ¿por qué se ha perpetuado ese funcionamiento, ese patrimonio? El problema de la "memoria celular" es importante para su comprensión.

- ¿Cuáles son las líneas de investigación más relevantes en la investigación de la estructura y el funcionamiento celular?

La Biología Celular pretende abordar los aspectos dinámicos, desde la descripción de la estructura que soporta a la función hasta los valores genéticos. Se busca una mejor comprensión de la dinámica celular, tanto intra como extracelular ya que existe una sincronización entre éstas y su medio; así mismo, existe sincronización entre distintas células. Por ello

no se investiga tanto en estructuras como en funcionamiento, en los últimos tiempos, la finalidad o el objeto de la investigación ha dejado de ser descriptivo para pasar a centrarse en el funcionamiento celular. Podrían definirse cinco grandes líneas:

- origen y evolución de las células.
- la vida celular:
  - estructura/función.
  - conductas en respuestas a estímulos.
  - diferenciación celular.
- inmunología y respuesta inmune.

No sabemos cómo funciona la célula y es posible que en estos grandes temas se puedan encontrar el origen y las respuestas a muchos problemas biológicos. En términos de enseñanza, sería útil el símil de una célula como una fábrica porque expresa con claridad las relaciones entre distintas partes.

Como puede observarse, los límites entre los distintos aspectos cuestionados no son nada nítidos; se comprueba con facilidad, con una simple lectura, que se han incluido aspectos más directamente relacionados con algunas de las preguntas en respuestas de otras, lo que puede entenderse si se tiene en cuenta que el contexto en el que se han hecho las entrevistas ha sido más cercano a un diálogo coloquial, a un intercambio de opiniones entre docentes de distintos niveles educativos, que a una encuesta formal. Pero, en todo caso, el conjunto de las respuestas sí nos permite delimitar y captar una idea clara de lo que en este momento se está entendiendo por célula en los contextos formales de investigación y de docencia universitaria. En opinión de estas personas, hay una serie de elementos y de significados que consideran imprescindibles para una comprensión aceptable de la célula como unidad de vida y que pasan por tratar adecuadamente conceptos tales como: interacción, integración, información, transmisión, genoma, diferenciación, energía. Ese modelo de célula que nos han definido los docentes/investigadores que abiertamente han colaborado con nosotros es coherente y es consistente con el contenido seleccionado para la Biología Celular en la enseñanza no universitaria; dicha selección refleja lo

que los expertos han determinado como contenido fundamental. Pero, aunque alguno de ellos lo plantee, no lo es con cualquier organización y enfoque metodológico de la misma. De hecho, no parece ser su tratamiento descriptivo lo más conveniente para alcanzar una comprensión adecuada del concepto de célula y no encontramos razones que justifiquen que si la ciencia de vanguardia cuestiona esto, los docentes no universitarios no reaccionemos o, cuanto menos, reflexionemos sobre el tema. Hemos de admitir, por tanto, que este análisis es absolutamente necesario, imprescindible si se quiere, si recordamos la presentación formal que estos contenidos plasman en los programas oficiales y en los materiales curriculares que, como nos dicen los expertos, no responde a las necesidades que este contenido está demandando para su comprensión.

### **Algunas conclusiones y reflexiones**

La primera conclusión que parece incuestionable es la pertinencia y la necesidad de incluir célula como concepto y como contenido en el currículum escolar, dado su carácter de formación básica en el ámbito de la ciencia actual, al mismo tiempo que su papel de conocimiento básico e imprescindible para la comprensión de los organismos o seres vivos como tales. Entender los procesos vitales que caracterizan a los organismos dotados de vida pasa necesariamente por tener el conocimiento adecuado de lo que es el comportamiento de su unidad constituyente, la célula, y por ello en una sociedad marcada por el progreso científico y tecnológico y del bienestar, como producto y consecuencia, ese contenido es relevante.

Una segunda conclusión a la que cabe llegar es que efectivamente se hace necesaria una reflexión sobre la propia ciencia, su concepción y su conocimiento, en general, y la Biología, en particular, ya que, como queda de manifiesto, hay un distanciamiento entre lo que ha sido su propia historia, su forma de verificar y de ampliar ese contenido, y lo que como tal se está contemplando en los currícula, desde la escuela, para su enseñanza y para su aprendizaje. No son los referentes teóricos descriptivos, no es la morfología celular lo que desde la ciencia de vanguardia, a la que se ha llegado después de



una dilatada y muchas veces desconocida para los docentes trayectoria de investigación, de revisiones, de discusiones, de cambios de posición y planteamientos, etc, determina una mayor comprensión de una entidad, la célula, compleja y difícil de aprehender por parte de los estudiantes; una entidad que constituye la unidad de la materia viva y que es real, aunque no verificable directamente por parte de ellos, para cuyo acercamiento recurrimos necesariamente a modelos, como desde la historia y desde los expertos se nos recomienda.

Las dificultades encontradas en los procesos de aprendizaje del alumnado relativos a la Biología, y en concreto, a la celular puede que tengan su razón de ser en el hecho de que no se hayan tratado los conceptos-clave, las ideas básicas y estructurantes que, tanto desde el somero conocimiento de la historia de la ciencia realizado, como desde la opinión de los especialistas-investigadores entrevistados, deben articular la comprensión del comportamiento de los seres vivos y, consecuentemente, de la célula como su unidad constituyente. La descripción de estructuras, el estudio de los aspectos morfológicos, la simple observación de los materiales biológicos celulares no nos dan cuenta de lo que una célula (un ser vivo) es y eso ya el desarrollo del conocimiento en el área nos lo ha dicho, ya es un referente teórico superado para la indagación de alto nivel. Se ha llevado a cabo un cambio de perspectiva que nos obliga, como se nos está mostrando, a contemplar conceptos como información, interacción, integración, regulación, diferenciación, energía,

... , conceptos que están dotando precisamente a esa "cosa" que vemos y que describimos y a la que llamamos célula de dinamismo, de lo que la caracteriza como unidad de la materia viva. Si la sucesión de ideas en lo que al conocimiento celular se refiere no se ha desarrollado linealmente, ¿por qué organizamos el contenido celular de manera lineal? ¿por qué no incorporamos esa perspectiva dinámica?

No se entiende, pues, que habiéndose reflejado tan claramente lo expuesto con una tímida aproximación al tema, las conclusiones más básicas que de ella se derivan no se vean contempladas en los programas oficiales y en los materiales curriculares más accesibles y utilizables; a poco que nos fijemos, observaremos que siguen siendo fieles a una lógica descriptiva articulada en torno a los niveles de organización de la materia viva y puede que sea eso lo que justifique, como se ha expuesto, los problemas de conceptualización y de aprendizaje detectados en relación con el concepto célula. ¿Qué significa, pues, aprender la célula hoy en el marco de la escolaridad? Parece evidente, a juzgar por lo expuesto, que la respuesta a esta cuestión pasa por revisar los programas escolares, al tiempo que adecuar los conceptos que suponen su comprensión. De lo anterior se deriva la urgente necesidad de llevar a cabo tareas de análisis del contenido relativo a la Biología Celular que contemplan el currículum escolar, que puedan aportar luz sobre otros modos de organizarlo acordes con lo que la historia de la ciencia y la investigación puntera señalan.

## Bibliografía

- Alberts, B.; Bray, D.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Watson, J.D. 1986. *Biología Molecular de la Célula*. De. Omega. Barcelona. 1232 p.
- Cawthron, E. R. y Rowell, J. A. 1978. Epistemology and science education. *Studies in Science Education*, nº 5, pp. 31-59. New York.
- Chalmers, A. F. 1994. *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Ed. Siglo XXI. Madrid. 246 pp.
- Feyerabend, P. 1991. *Adeus à razão*. Lisboa. Edições 70.
- Giordan, A. y Raichvarg, D. 1988. Del descubrimiento ... a la construcción de los conceptos. En: Giordan, A.; Raichvarg, D.; Drouin, J.M.; Gagliardi, R.; Canay, A.M. *Conceptos de Biología 1*. Ed. Labor/MEC. Barcelona. Pág. 9-30.
- Greca, I. 1999. El pluralismo libertario de Paul Feyerabend. *1 Escuela de Verano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias*. Universidad de Burgos. pp. 201-209.
- Hodson, D. 1985. Philosophy of Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education*, nº 12, pp. 25-57. New York.
- Host, V. 1988. Bosquejo sobre la historia de la teoría celular. En: Giordan, A.; Host, V.; Tesi, D.; Gagliardi, R. *Conceptos de Biología 2*. Ed. Labor/MEC. Barcelona. Pág. 9-56.

- Moreira, M.A. 1996. "La organización de la enseñanza a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo, en las perspectivas de Ausubel, Novak y Gowin". Monografías del Grupo de Enseñanza. Serie Enfoques Didácticos, N° 6. Instituto de Física. UFRGS. Porto Alegre. Brasil.
- Postman, N. 1999. *El fin de la educación*. Ed. Eumo Octaedro. Barcelona. 230 pp.
- 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. Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral.
- Rodríguez Palmero, M. L. y Moreira, M. A. 1999. Modelos mentales de la estructura y del funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências* 4 (2). (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>).
- Schwab, J.J. 1963. "Problemas, tópicos y puntos en discusión". En Elam, S. (Comp.) (1973). *La educación y la estructura del conocimiento. Investigaciones sobre el proceso de aprendizaje y la naturaleza de las disciplinas que integran el currículum*. Ed. El Ateneo. Buenos Aires. pp. 1-38.
- Silveira, F. L. 1992. Uma epistemologia racional-realista e o Ensino de Física. PUCRS. Porto Alegre. Tese de Doutorado.
- Silveira, F. L. 1996. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. Atas da III Escola Latino-americana em Ensino de Física. UFRGS. Porto Alegre. pp. 105-113.