

# LOS MODELOS COMO ORGANIZADORES DEL CURRÍCULO EN BIOLOGÍA

**GARCÍA ROVIRA, M. PILAR**

Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona.

---

**Palabras clave:** Ciencia cognitiva; Modelos teóricos; Modelización; Enseñanza de la biología.

## INTRODUCCIÓN

Seguramente, la mayor parte de profesores de Ciencias Naturales piensan que el aprendizaje de los conceptos biológicos debería servir a los alumnos para aprender a explicar hechos individual y socialmente relevantes como por ejemplo: por qué el lince ibérico o la tortuga mediterránea están en peligro de extinción, por qué los alimentos se pueden deteriorar, por qué una estufa de butano puede provocar la muerte de personas que duermen en una habitación cerrada, por qué hay que usar los antibióticos de forma responsable, valorar el riesgo que tiene una pareja con antecedentes familiares de tener un hijo afectado por una enfermedad hereditaria o el interés de las células madre para desarrollar determinadas terapias.

No obstante, por una parte el análisis de los contenidos de los textos escolares y de su secuenciación y, por otra, los resultados obtenidos por los alumnos en evaluaciones como el proyecto PISA 2000 (OECD2001), permiten cuestionar la validez y adecuación de las propuestas tradicionales para conseguir estos objetivos.

Para que los alumnos aprendan a explicar hechos del mundo como los mencionados anteriormente hacen falta cambios profundos a nivel curricular y metodológico. Actualmente se considera que un proyecto de enseñanza de las ciencias 'auténtico' tiene que fundamentarse en una idea de ciencia coherente con las aceptadas por los filósofos e historiadores de la ciencia (Gilbert 2000). En este trabajo partimos de la hipótesis que el modelo cognitivo de ciencia de Giere (1988) y su aplicación a la actividad científica escolar (Izquierdo y al.1999) ofrecen un marco teórico y práctico adecuado para alcanzar el objetivo propuesto.

## OBJETIVOS

Proponer una organización del currículo de biología basada en determinados modelos teóricos cuya validez e idoneidad nos proponemos justificar. Esta propuesta ha sido contrastada en la práctica docente con alumnos de ESO y de bachillerato y se han elaborado materiales didácticos según esta orientación.

## UNA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BASADA EN MODELOS TEÓRICOS

Desde el enfoque epistemológico propuesto por Giere (1988) se concibe la Ciencia como un conocimiento basado en '*modelos teóricos*'. Se parte de la idea que las afirmaciones teóricas sobre el mundo por ejemplo, las tramas de ideas que nos servirán para caracterizar los seres vivos, no proceden directamente del

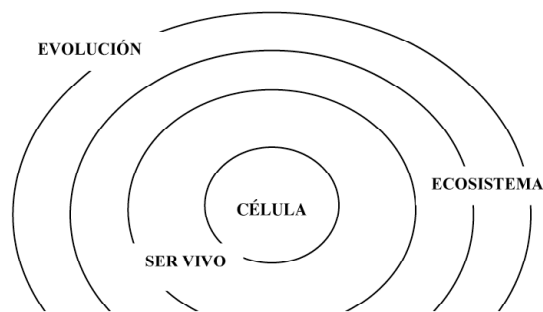
mundo sino que *'son objetos abstractos cuyo comportamiento se ajusta exactamente a los enunciados o definiciones elaborados por los científicos'* pero cuya relación con el mundo real es compleja. *'El ajuste modelo-realidad no es global, sino relativo a los aspectos del mundo que el modelo intenta capturar'*, es decir, la relación entre el mundo y el modelo no es una relación de 'verdad' sino más bien de ajuste y de similitud.

Como afirman Izquierdo y al. (1999), este modelo cognitivo de ciencia permite, por una parte, caracterizar las actividades científicas escolares y elaborar materiales didácticos fundamentados teóricamente y, por otra, es especialmente adecuado para los momentos de emergencia y consolidación del conocimiento científico, tanto a nivel individual como social, como son las situaciones de aprendizaje. En efecto, creemos que es idóneo para la clase de ciencias puesto que:

- a) su objetivo es interpretar teóricamente el mundo y esto según Gilbert (2000) es también lo que da sentido a las 'auténticas' propuestas sobre enseñanza de las ciencias;
- b) permite definir el 'mejor modelo teórico', es decir, el más adecuado para que el alumnado pueda aprender a explicar teóricamente la realidad;
- c) posibilita la utilización de distintos 'métodos' para pensar y actuar de manera que sirvan al alumnado para llegar a dominar las teorías científicas escolares y d) su validez se basa en su significatividad para el alumnado, es decir, su grado de utilidad para aprender a explicar teóricamente el mundo.

## LOS MODELOS TEÓRICOS COMO ORGANIZADORES DEL CURRÍCULO EN BIOLOGÍA

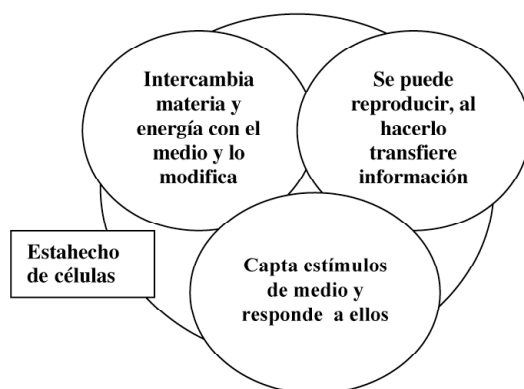
Los modelos teóricos utilizados en el aula deben ser pocos y significativos. En el caso de la biología proponemos: ser vivo, célula, ecosistema y evolución. En realidad, cada uno de estos modelos constituye una familia de modelos que a su vez funcionan como una teoría en el sentido propuesto por Giere. Muchas veces los contenidos trabajados en el aula tienen sentido para el profesorado pero el alumnado no es capaz de establecer relaciones entre ellos. Trabajar a partir de estos modelos permite estructurar el currículo de forma que los distintos temas adquieran significado para el alumnado puesto que aparecen interrelacionados.



Los científicos han inventado un lenguaje simbólico y abstracto para hablar sobre las ideas teóricas. Por ejemplo hablan de las funciones de nutrición, relación y reproducción y de estructura celular como las características propias de los seres vivos que los distinguen de los objetos que carecen de vida. Los expertos asocian la palabra nutrición al conjunto de procesos mediante los cuales los seres vivos, desde las bacterias a los animales, pueden obtener primeras materias y energía para la vida. Este concepto, construido a lo largo de muchos años de investigaciones, lo han creado los científicos para referirse de manera generalizada al conjunto de procesos (digestión interna y externa, fotosíntesis, respiración aerobia y anaerobia) que realizan los distintos grupos de seres vivos para intercambiar materia y energía con el medio. Todos estos significados están incluidos en el concepto y en la palabra nutrición.

Análogamente podríamos justificar que el significado que tienen cada una de las palabras utilizadas para definir la vida son de una gran complejidad y que aunque los alumnos puede ser que las aprendan y las repitan esto no equivale a que imaginen algo semejante a lo que piensa el profesorado. No obstante, si queremos que los alumnos aprendan ciencias para poder explicar por qué los mohos del pan o las bacterias del yogurt son vivas no basta con haber memorizado la definición de ser vivo sino que hace falta reconstruir con ellos en el aula el modelo 'ser vivo'.

En esta propuesta el modelo 'ser vivo' se entiende como un sistema complejo que: intercambia materia y energía con el medio y como resultado de ello modifica el medio (equivale al concepto de nutrición construido por los científicos), capta estímulos del medio y responde a ellos (se corresponde con el concepto de relación tal como aparece formulado en los textos científicos para universitarios), proviene de otros seres vivos y puede reproducirse y transferir sus características a sus descendientes (recoge la idea de autopropagación que sirve para caracterizar la vida) y esta constituido por una o muchas unidades estructurales que llamamos células, cada una de las cuales tiene a su vez las mismas propiedades que el todo (se corresponde con la teoría celular). Por otra parte consideramos que no es posible imaginar las 'maneras de vivir' de forma descontextualizada sino en constante interrelación con el medio ambiente.



La aplicación de este modelo al estudio de diversos seres vivos, desde los animales a las bacterias, permite profundizar en la construcción de cada uno de estos enunciados que configuran el modelo 'ser vivo' y, al mismo tiempo, aprender a mirar la diversidad no como una diversidad de formas (aproximación propia de la sistemática y la taxonomía biológica), sino como una diversidad de maneras de vivir, es decir de realizar la funciones propias de la vida (Margulis, L. y Sagan, D. 1997).

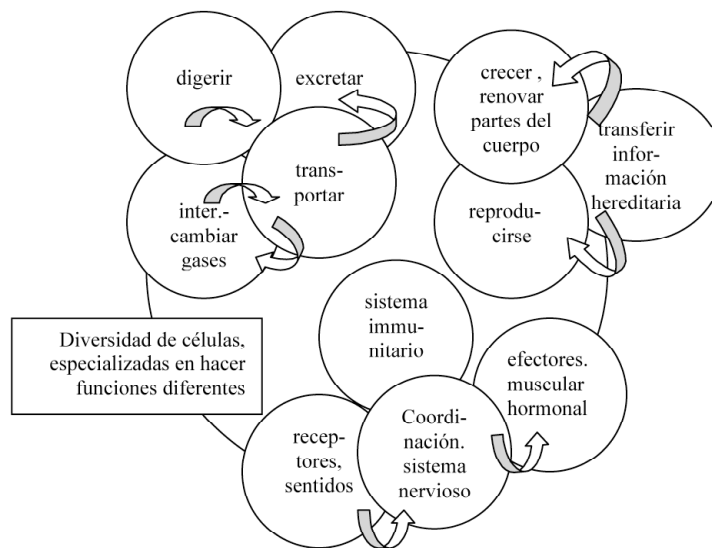
En general los libros de texto dedican una lección al estudio de la célula y de la teoría celular. Muchas veces, en un par de hojas, se introduce no solo la organización eucariota (animal y vegetal) sino también la procariota. Analizando el contenido se llega a la conclusión que el principal objetivo es que el alumnado memorice una cantidad ingente de nombres que no le aportan más conocimiento que el puramente enciclopédico. Una vez más el problema es, por una parte, que los chicos y chicas no son expertos y en consecuencia no pueden hacer suyas, de una vez por todas, ideas tan importantes en el campo de la biología y, por otra parte, que la selección de contenidos quizás no sea la más adecuada para propiciar la construcción del concepto de célula como unidad de vida ni el de diversidad a nivel celular.

Pensamos que la construcción de este concepto requiere trabajar el 'modelo célula' imaginándolas vivas y aprendiendo a relacionar sus partes con los enunciados correspondientes. Además, para que los alumnos aprendan 'a mirar y a ver' las células como las unidades 'vivas' que forman los animales, las plantas,... tenemos que hablar de ellas al aplicar el modelo ser vivo a cada uno de los grupos de organismos, aprendiendo a relacionar su diversidad morfológica con las funciones específicas que realizan en los pluricelulares. Por ejemplo en un primer nivel estudiamos los óvulos y espermatozoides y aprendemos explicar su mor-

fología en relación con la función de reproducción. Al estudiar las plantas hablamos de las células fotosintetizadoras y de otras células que no hacen esta función y las comparamos a nivel estructural. Mas adelante al estudiar las personas hablaremos de células secretoras, ciliadas, neuronas... ubicándolas en los distintos órganos y relacionando en cada caso su morfología ,estructura y función.

Trabajando de esta forma tanto horizontalmente durante un curso como transversalmente a lo largo de los distintos cursos de secundaria y bachillerato se pone de manifiesto que estos modelos va adquiriendo significado para los alumnos a medida que se aplican a contextos diversos y se usan para interpretar distintos hechos del mundo. Por otra parte su utilización a lo largo de la escolarización permite profundizar en la construcción de significados que progresivamente se enriquecen, al tiempo que se hacen más complejos y abstractos.

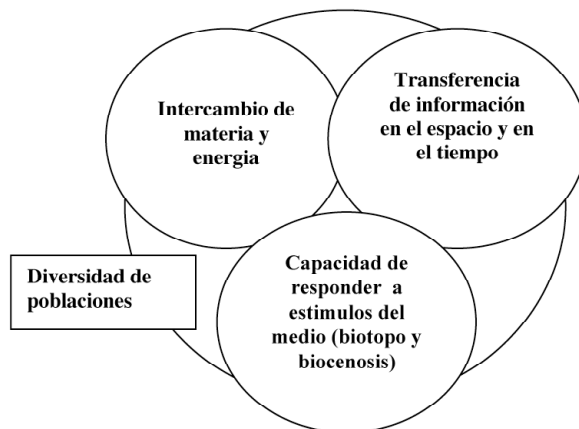
En efecto si abordamos el estudio de las personas con el mismo modelo 'ser vivo' podemos profundizar en la construcción de cada uno de los enunciados de tal forma que crezcan y se enriquezcan adquiriendo más significado. De esta forma los alumnos aprenden a explicar que para intercambiar materia y energía con el medio las personas: digerimos los alimentos que se transforman en nutrientes, que para poder respirar obtenemos oxígeno a través de los pulmones, que los nutrientes y el oxígeno son transportados a todas y cada una de las células de nuestro cuerpo y que es en cada una de las células donde al respirar se utiliza el oxígeno par transferir energía de los nutrientes a la célula. Así como que tanto los pulmones como los riñones nos sirven para retornar al medio productos de desecho.



Análogamente al estudiar las funciones de relación y reproducción en las personas relacionándolas con las entidades correspondientes del 'modelo ser vivo' éste se profundiza y se amplían los significados y la capacidad de establecer nuevas relaciones entre ellos. La teoría cromosómica de la herencia (Garcia, P., 2003) se inscribe en el modelo reproducción y ambos forman parte de la familia de modelos 'Ser Vivo'. Es como si después de un plano general realizáramos sucesivos zooms de un mismo paisaje, cada nuevo enfoque permite conocerlo mejor pero sin perder nunca de vista el plano general que nos permite interpretar el conjunto. De acuerdo con el MCC, consideramos que cada uno de los hechos interpretados a partir del modelo junto con las actividades realizadas en el aula para su construcción funciona como una hipótesis teórica del mismo a la vez que pasa a formar parte del propio modelo enriqueciéndolo.

En función de estos planteamientos, si nos situamos en el modelo 'ecosistema' utilizamos las mismas entidades teóricas pero la unidad básica en este caso no es el organismo sino la población. Cada una de estas poblaciones también: a) intercambia materia y energía con el medio (en los manuales de Ecología se refie-

ren a ello como ciclo de la materia y flujo de energía), b) se relaciona con el medio y responde a él, modificándolo, dentro de las limitaciones de lo que entendemos por adaptación (y ofrece un marco para interpretar todas las interacciones a nivel de biotopo y biocenosis así como los impactos ambientales y sus consecuencias para la población), y c) se reproduce y transfiere información en el espacio y el tiempo (sucesiones, fluctuaciones ,...)



Finalmente en el modelo evolución el sistema es toda la biosfera, constituida por una gran diversidad de seres vivos, las especies, en un medio en constante modificación originada, en gran medida, por su propia actividad metabólica. Las entidades construidas para explicar la evolución son: los cambios en el material hereditario como origen de la variabilidad, la capacidad de transferir estos cambios en sentido vertical (reproducción diferencial) y horizontal (parasexualidad, simbiogénesis) y la adaptación entendida como supervivencia diferencial en base a la capacidad de respuesta a las variaciones del medio.

Esta propuesta se ha desarrollado como un trabajo de investigación en la acción a lo largo de diversos cursos escolares. Paralelamente se han diseñado estrategias para que los alumnos aprendan a modelizar.

### **APRENDER A MODELIZAR, A MODO DE CONCLUSIÓN**

Enseñar ciencia en la escuela implica ayudar al alumnado a construir modelos significativos para ellos. Estos modelos serán relevantes si conectan con fenómenos familiares sobre los que puedan pensar, hablar y actuar. Pensar a través de modelos supone establecer relaciones entre 'lo real' y 'lo construido' y desarrollar una visión multicausal considerando simultáneamente más de una variable, con la finalidad de poder predecir y explicar. Llamamos modelización al proceso de construcción de estas relaciones que consideramos clave para aprender ciencias puesto que a través de él los estudiantes aprenden a 'dar sentido' a los hechos de su mundo utilizando modelos cada vez más complejos. Las características del proceso de modelización serán objeto de otro trabajo.

En la comunicación oral se presentarán textos escritos por el alumnado para elaborar explicaciones de tipo argumentativo como indicador de esta capacidad de establecer relaciones entre las evidencias ('lo real') y los modelos ('lo construido'). Los resultados de este trabajo en el aula ponen de manifiesto que aunque no se puede pretender que toda la clase hable del fenómeno de la misma manera ni al mismo nivel sí que es posible conseguir que todos progresen en la manera de explicar usando como referente el modelo del experto.

## REFERENCIAS

- GARCIA, P. (2003) Modelitzar fenòmens: una combinació de gèneres lingüístics pp. 211-234 En SANMARTI, N. (coord.) (2003). *Aprenre Ciències tot aprenent a escriure Ciència*. Barcelona: Ed. 62.
- GIERE, R. (1988). *Explaining Science: A Cognitive Approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- GILBERT, J.K; BOULTER C.J. (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- IZQUIERDO, M. ESPINET, M. GARCIA, M.P., PUJOL, r.M. y SANMARTÍ, N. (1999) Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias* Número extra pp.79-91.
- MARGULIS, L. and SAGAN, D. (1997). *Què és la vida?* Barcelona:Edicions Proa S.A.
- OECD (2001). *La medida de los conocimientos y destrezas de los alumnos. La evaluación de la lectura, las matemáticas y las ciencias en el Proyecto PISA 2000*. Madrid: INCE.