

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la
Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 521- 532.

La enseñanza de la biología en educación básica: Modelización y construcción de explicaciones multimodales¹

POR: Alma Adrianna Gómez Galindo²

En esta conferencia presento la modelización como aproximación teórica y metodológica para la construcción de explicaciones en la clase de biología. Especialmente comento el uso de diversos soportes semióticos o modos comunicativos para la construcción de explicaciones (dibujos, maquetas, textos, expresión oral) y las consideraciones para su uso en el aula. Finalmente esbozo algunos retos actuales en la enseñanza de la biología por modelización.

Desde qué perspectiva enseñar biología hoy

Un reto actual de los diversos actores del sistema educativo es la transformación de las prácticas educativas en general y de la enseñanza de las ciencias en particular, se espera dejar atrás las formas tradicionales de enseñanza, llamadas de transmisión-recepción. En ese formato la función del docente es ser un transmisor de información lo más fiel, basándose casi exclusivamente en los contenidos del libro. El alumno es un recipiente vacío que se ha de llenar de conocimientos o información, una *tabula rasa* sobre la cual escribir. Así mismo, el conocimiento, en este caso biológico, es estático, invariable, cerrado y verdadero, se ha desarrollado en la historia de la ciencia por acumulación por lo que su crecimiento es exponencial. Este conocimiento cerrado a la discusión esta “contenido” en los libros que hay que aprender y generalmente memorizar pues se preguntan en el examen así, de memoria. Aquí el aprendizaje es entendido desde una perspectiva acumulativa, sucesiva y continua (Ruiz Ortega, 2007). Entonces los alumnos y alumnas para aprender biología deben atender al maestro, estudiar en los libros los conocimientos biológicos que los científicos han generado y volcarlos tal cual en los exámenes, y las desviaciones que muestren respecto de las ideas de los científicos son consideradas errores.

En la descripción anterior he resaltado los aspectos más dogmáticos o duros de la enseñanza por transmisión-recepción, esto con la finalidad de generar un punto de

¹ Conferencia inaugural del VI ENCUENTRO NACIONAL DE EXPERIENCIAS EN ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA Y LA EDUCACIÓN AMBIENTAL. I^{er} CONGRESO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA, realizada el 30 de Noviembre del 2011 en Bogotá, Colombia.

² Cinvestav - Unidad Monterrey. Vía del Conocimiento #201. Parque de Investigación e Innovación Tecnológica, Autopista nueva al aeropuerto Km 9.5, Apodaca, Nuevo León, CP. 66600. MÉXICO. agomez@cinvestav.mx

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la
Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 521- 532.

partida que contrasta claramente con las propuestas actuales. Actualmente se espera que los y las estudiantes de ciencias, en general y de biología en particular, adquieran una alfabetización científica que va mucho más allá del conocimiento de contenidos. Según PISA (OECD, 2003) la alfabetización científica es la capacidad de usar el conocimiento científico para identificar preguntas y obtener respuestas basadas en la evidencia con la finalidad de entender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios generados por la actividad humana. Desde los diferentes sistemas educativos este objetivo se ha relacionado con el desarrollo de competencias, entendidas estas como combinación de conocimientos, capacidades y actitudes adecuados para una determinada situación. Para operacionalizar lo anterior se han definido las competencias clave que son aquellas en las que se sustentan la realización personal, la inclusión social, la ciudadanía activa y el empleo. La comunidad europea establece ocho competencias clave³ (Diario Oficial de la Unión Europea, 2006).

Una de ellas, la competencia en ciencia y tecnología alude a:

“ ...la capacidad y la voluntad de utilizar el conjunto de los conocimientos y la metodología empleada para explicar la naturaleza, con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas. Por competencia en materia de tecnología se entiende la aplicación de dichos conocimientos y metodología en respuesta a lo que se percibe como deseos o necesidades humanos. Las competencias científica y tecnológica entrañan la comprensión de los cambios causados por la actividad humana y la responsabilidad de cada individuo como ciudadano.” (Diario Oficial de la Unión Europea, 2006, L394/15).

Por su parte México establece cinco competencias clave o competencias para la vida⁴. Una de ellas relacionada con el manejo de la información, se relaciona con:

...la búsqueda, identificación, evaluación, selección y sistematización de información; el pensar, reflexionar, argumentar y expresar juicios

³ 1. Comunicación en la lengua materna; 2. comunicación en lenguas extranjeras; 3. competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología; 4. competencia digital; 5. aprender a aprender; 6. competencias interpersonales, interculturales y sociales, y competencia cívica; 7. espíritu de empresa, y 8. expresión cultural.

⁴ 1. Competencias para el manejo de situaciones; 2. para la convivencia; 3. para la vida en sociedad; 4. para el manejo de la información, y 5. para el aprendizaje permanente.

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la
Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 521- 532.

críticos; analizar, sintetizar, utilizar y compartir información; el conocimiento y manejo de distintas lógicas de construcción del conocimiento en diversas disciplinas y en los distintos ámbitos culturales. (SEP, 2009, 41)

Podríamos inferir de lo anterior que aprender biología ya no es interiorizar el cuerpo de conocimientos generados desde la ciencia, ni sólo estudiar de los libros, por ejemplo aprender los nombres de los reinos, sub-reinos y clases, o de los órganos del cuerpo y sus funciones o los nombres y descripciones de las fases de la mitosis o meiosis; también que ser maestro o maestra de biología ya no es explicar clara y ordenadamente el “contenido”. Incluso podemos ver que ese “contenido” no es estático, invariable y cerrado, sino que hay “lógicas de la disciplina”, es decir que la lógica de la biología no es la lógica de la historia, la matemática o el arte; que hay manejo del conocimiento en diferentes contextos y también, y que es un reto actual y crucial en aprender biología, que es el alumno o alumna quien explica, basado en evidencias, y que una de las finalidades es que se plantee preguntas y la toma de decisiones. Desde esta postura es que abordo el aprendizaje de la biología en esta conferencia.

Explicaciones en la clase de biología y modelos

Considerando lo anterior, un elemento central es entonces la construcción de explicaciones por parte de los alumnos, explicaciones situadas y contextualizadas, basadas en evidencia y que, además, permitan la toma de decisiones y la actuación. Stephen Norris y colaboradores (2005) dicen que una explicación es un acto que intenta hacer algo claro, entendible o inteligible. En su elaboración influyen las circunstancias y las razones por las que se producen, buscando resolver un problema, enigma o dificultad.

Las explicaciones en ciencias, se diferencian de las de sentido común o las religiosas en tanto se basan en evidencias, las evidencias se entienden como observaciones que establecen relaciones claras con *un modelo*, obteniéndose conclusiones fundamentadas.

Para entender la función de los modelos en las explicaciones generadas, pensemos en el siguiente ejemplo: si dejamos un tomate, en la cocina de la casa, después de unos días observamos que se ha podrido ¿Cómo lo explican los alumnos y alumnas?: El tomate cambia de color, de textura, de sabor y aparecen floriduras en la superficie, esto se debe a que el tomate se ha descompuesto, se ha podrido, han salido hongos porque se ha podrido. Los alumnos parecen estar usando la idea de generación espontánea al explicar. Cabe señalar que muchos

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la
Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 521- 532.

estudiantes no identifican que esa pelusa blanca que sale sobre el tomate son hongos. Sin embargo, ¿Cómo lo explicamos desde la biología?: El tomate cambia de color, de textura, de sabor,... aparecen floriduras en la superficie, esto se debe a que en el aire hay esporas de hongos, algunas caen sobre el tomate y, si el ambiente es favorable, se nutren y se reproducen. Entonces decimos que el tomate se ha florido, es decir pensamos en que todo ser vivo se origina a partir de otro (reproducción), que los seres vivos al nutrirse cambian el medio (nutrición) y que los seres vivos se ven afectados por las condiciones del medio (relación).

Los biólogos y biólogas estamos usando una trama de ideas relacionadas con los seres vivos para explicar fenómenos observables, estamos *pensando con modelos*. Los científicos para interpretar hechos y fenómenos del mundo han elaborado modelos teóricos, éstos son representaciones mentales creadas por los científicos para explicar los hechos del mundo y dotarlos de significado. Por ejemplo para explicar que un tomate se ha podrido 'imaginamos'... 'hifas' hechas de 'células' que fabrican 'enzimas' que atraviesan la 'membrana' y 'catalizan las reacciones químicas' responsables de la 'digestión' del tomate y su 'transformación en nutrientes'. En las 'células' del hongo también imaginamos 'mitocondrias' con otras enzimas que harán posible la 'oxidación de los nutrientes' y la 'transferencia de energía' a 'el ATP'.... Esta explicación contiene diversas entidades teóricas que fueron gestadas en el seno de la actividad científica y que son formas 'especiales' de mirar e interpretar los fenómenos.

Desde una visión cognitiva de la ciencia y una postura realista y naturalista (Giere, 1992) los modelos teóricos eruditos o científicos se caracterizan por surgir en un momento histórico, con la finalidad de resolver una problemática de interés para la comunidad científica, en un contexto específico y bajo un sistema de valores que le condiciona. El modelo se ajusta a los datos experimentales antecedentes provenientes de diferentes áreas y los integra dándoles nuevo sentido; permite la formulación de nuevas preguntas y, por tanto, impulsa el desarrollo del área de estudio proporcionando una mirada diferente al mismo fenómeno. El fenómeno de referencia tiene importancia científica y trascendencia social y, modelo y fenómeno vinculados por medio de las hipótesis teóricas, permiten una explicación de una parcela de la realidad a la que hacen referencia.

En los modelos científicos eruditos se generan entidades abstractas y relaciones entre ellas con la finalidad de describir la estructura interna del fenómeno, composición o funcionamiento, de manera que pueden explicar algunas de las propiedades del sistema o fenómeno estudiado y generar predicciones de su comportamiento con la finalidad de intervenir en él. Para ello son relevantes los instrumentos tecnológicos relacionados con la obtención de los datos

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la
Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 521- 532.

experimentales y los modelos antecedentes y contemporáneos que sostienen las observaciones. El contraste entre predicciones y datos experimentales permite confirmar o modificar el modelo construido. De estas comparaciones surgen las anomalías, que producen el rechazo o la evolución del modelo. El registro de anomalías se relaciona con el avance tecnológico y el desarrollo de otros modelos que permiten la obtención de nuevos datos y con el sistema de valores prevaleciente. Los modelos son abstractos pero generan representaciones variadas con fines comunicativos y de resolución de problemas.

Así, los modelos científicos eruditos son construcciones donde se toma una parte de la realidad, se abstrae, se simplifican y analogan los diferentes elementos y se generan entidades y se relacionan, resultando representaciones sumamente abstractas y complejas. Puede ser por ello que ante una enseñanza y difusión transmisora de la ciencia, donde se intenten enseñar los modelos científicos eruditos desprovistos de los fenómenos que explican y de los contextos socio-históricos en que fueron construidos, resulte difícil para los alumnos y alumnas encontrar significado y utilidad a estas abstracciones. (Tomado de Gómez, 2006).

La modelización en la ciencia escolar

La cuestión entonces es, cómo enseñar a modelizar a los alumnos. Consideremos los dos enfoques habituales en la enseñanza de la biología, el primero a partir de experimentos y de 'lecciones de cosas' que no van más allá de la anécdota, este enfoque prima en jardín de niños y en las primeras etapas de la educación primaria. El segundo es a partir de hablar de las teorías, aprender el lenguaje especializado (incluyendo los símbolos y fórmulas), sin relación con los hechos de la vida cotidiana, ni con las explicaciones de los alumnos, enfoque que prima en la educación secundaria y superior. Ante este panorama nos planteamos una tercera vía, la modelización. Es decir generar a través de un proceso de trasposición didáctica modelos escolares significativos, valiosos y útiles a los alumnos y trabajar en clase para que los alumnos construyan las ideas básicas de estos modelos: piensen, actúen y hablen en torno a ellos.

En este proceso de transposición se han de considerar el contexto de construcción de las ideas, su finalidad, los conocimientos previos y habilidades cognitivas de los estudiantes, así como las preguntas que movilizan las ideas y formas de ver, los fenómenos interesantes, representativos y útiles a los alumnos, las entidades⁵, sus relaciones y sus propiedades del modelo que sean

⁵ Entidad.- Unidades operacionales del modelo, entendidas como unidades para pensar, comunicar y actuar, son constructos conceptuales que se pueden caracterizar por su comportamiento dentro de los límites del modelo.

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la
Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 521- 532.

fundamentales, el tipo de representaciones que se han de generar y para qué, el uso del lenguaje y la posibilidad de actuación. Ahondaré en esto a continuación.

Existen diversos ejercicios de transposición para generar modelos escolares de referencia, algunos modelos son: ser vivo, célula, ecosistema, evolución. En el modelo ser vivo, Pilar García (2005) propone:

“...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 autoperpetuación 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.” (García, 2005, 3).

Construir el modelo de ser vivo en el aula (u algún otro de los mencionados) implica:

- Experimentar para generar preguntas significativas, identificar la relevancia del fenómeno, obtener evidencias.
- ‘Dar sentido’ a lo que se observa a partir de imaginar modelos explicativos, hacer inferencias, “inventar” entidades, propiedades, relaciones.
- Comunicar, argumentar y evaluar con la finalidad de regular el modelo que se va construyendo; actuar, probar nuevas intervenciones (experimentos), comunicar y buscar su aceptación.

Por tanto modelizar implica enseñar a cambiar las formas de sentir, percibir, razonar, hablar y relacionar tres mundos: **Mundo de los hechos-mirar los fenómenos**, **Mundo de los modelos y teorías-imaginar lo qué sucede** y **Mundo de la simbología-hablar, dibujar, escribir, hacer maquetas sobre hechos e ideas**.

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la
Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 521- 532.

La experimentación tiene algo que hacer en los tres mundos. Por ejemplo, el laboratorio o los experimentos y simulaciones es el lugar ideal para introducir el lenguaje científico y hablar teóricamente de un fenómeno estableciendo vínculos con la experiencia real del alumno. Algunas finalidades de la experimentación son el ver de otra forma el fenómeno, plantearnos nuevas preguntas, la posibilidad de manipular el mundo y buscar respuesta a las preguntas, empezar a ver desde los modelos. Si pensamos en estas finalidades, la experimentación se convierte en otra cosa que seguir una serie de pasos marcados en una “práctica” o protocolo estructurado. La experimentación adquiere entonces otra dimensión y denominación, por ejemplo elaborar una maqueta del bosque mediterráneo y simular un incendio forestal, es una forma de experimentar. La construcción de una maqueta no solo tiene la finalidad de representar un fenómeno complejo (incendio forestal) sino ayudar a los alumnos a interpretar, generar situaciones de comunicación, fundamentar y evaluar las decisiones tomadas (ver Gómez, Pujol, y Sanmartí, 2006).

Dar sentido e imaginar se relaciona con la posibilidad de ir de lo concreto a lo abstracto y viceversa, de ir a lo posible y a lo explicativo. Quiero señalar aquí que no se trata de un enfoque de enseñanza por descubrimiento, en el que tras la manipulación se espera que los alumnos descubran los principios e ideas biológicas. Se trata de generar experiencias significativas y posteriormente introducir las preguntas generadoras que permitan a los alumnos empezar a explicar, y con la ayuda de sus docentes, poder ir construyendo las ideas planteadas en el modelo escolar al cual se quiere arribar. Por ejemplo, en una unidad didáctica con sensores de temperatura y luz, realizada con alumnos de 5º y 6º año de primaria (11 y 12 años) se buscó que los alumnos identificaran por analogía ideas clave sobre sus sentidos, por ejemplo:

- Cada organo de los sentidos es una parte especializada de nuestro cuerpo, pero a su vez tiene **partes especiales** que captan cierta información del medio (**células**).
- Las **células se conectan con los nervios** que recorren todo el cuerpo hasta el cerebro.
- En esas partes **se transforma la información** y se convierte en “**electricidad**” que viaja por los nervios.
- El **cerebro tiene zonas especializadas** para recibir y procesar cierto tipo de información.
- **Las drogas producen efectos varios en el sistema nervioso**, como acelerar la información o desacelerarla.

Estas ideas forman parte de la función relación del modelo ser vivo (ver Gómez, 2009). Algunas pueden considerarse “eroneas” desde la cienica erudita, sin

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la
Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 521- 532.

embargo lo que buscamos es que sean accesibles al pensamiento de los alumnos y que puedan evolucionar hacia los modelos aceptados.

Para que los modelos se construyan y evolucionen es necesario comunicar y regular. La comunicación permite generar explicaciones multimodales, comunicar, negociar y enriquecer significados y aprender a aprender. Ahondaré en la construcción de explicaciones multimodales.

Las explicaciones multimodales incorporan diversos soportes semióticos (Kress y colaboradores, 2001) apoyándose en representaciones externas, entendidas éstas como la expresión concreta de un modelo en algún registro semiótico determinado (lenguaje natural, imagen, maqueta...) (Buckley, 2000). Esta expresión es creada con un propósito particular, ya sea comunicativo, para negociar significados, cognitivo, para razonar, u operatorio, para resolver problemas. Las representaciones son externas, es decir, "observables" en sentido amplio (tienen un soporte simbólico).

Tradicionalmente en las clases se ha privilegiado la comunicación oral y escrita, sin embargo en biología es muy importante incorporar otros modos comunicativos (ver por ejemplo los estudios hechos por Kress y colaboradores, 2001). Existen varias razones para ello:

- Sabemos la importancia que los biólogos y las biólogas han dado a los dibujos y las maquetas para comunicar las ideas, además, tenemos los símbolos, las formulas y los diagramas. En la ciencia escolar es necesario también que los alumnos comuniquen sus ideas haciendo uso de estas diversas formas de comunicación. Ello se debe a que cada modo comunicativo enfatiza algunos aspectos del modelo, por ejemplo un diagrama puede enfatizar flujos y direcciones a través de flechas; una formula, proporciones; una maqueta, relaciones espaciales, etc.
- Varios estudios muestran que la comprensión de los alumnos aumenta al utilizar varios modos comunicativos de forma relacionada (Gómez, 2009 y Mayer, 2007), por ejemplo explicar oralmente los dibujos, escribir un texto al lado de una maqueta, hacer un diagrama o una gráfica y además una ecuación y explicarla oralmente, etc.
- En la ciencia un elemento importante es el uso de convencionalismos, por ejemplo el símbolo DNA en biología se refiere al ácido desoxiribonucleico, o el símbolo +, en matemáticas, se usa para la adición. Los alumnos deben ir aprendiendo a usar estos convencionalismos, pero también aprender a negociar e instituir los propios. Por ejemplo, un equipo de alumnos en la

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la
Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 521- 532.

una secuencia didáctica sobre sistema nervioso, al hacer una maqueta, decidieron poner cables de electricidad entre el cerebro y el sentido y ligas alrededor de éstos para representar los estímulos nerviosos que viajan por ellos ¿Por qué es importante todo esto?:

Primero, porque los alumnos van materializando sus ideas para comunicarlas y van utilizando analogías, las cuales les ayudan a generar procesos de inducción que permiten la creación de nuevo conocimiento (Thagard, 1992).

Segundo, propiciamos la creatividad al permitir a los alumnos generar sus propias representaciones.

Tercero, podemos discutir con ellos y ellas por qué usan un material y no otro y ello les permite argumentar y podemos intervenir de forma positiva en el desarrollo de sus ideas.

Cuatro, podemos hablar sobre cómo se produce el conocimiento científico, los científicos también inventan formas de comunicación y a veces usan materiales conocidos o ideas conocidas para explicar algo, después la comunidad científica llega a acuerdos, tras un proceso de negociación. También en clase nos podemos poner de acuerdo para usar ciertas palabras o símbolos. La recomendación aquí es primero usar las palabras y símbolos propuestos por los alumnos y después de que ellos están familiarizados con su significado introducir la palabra o símbolo científico y ejercitarse en su uso.

Por otra parte quiero señalar que los estudios que he realizado analizando el aporte de los diferentes modos comunicativos en una explicación muestran que la función docente es esencial durante la elaboración de las explicaciones. Los docentes participan en dos aspectos relevantes: en la negociación social de la representación con procesos de regulación continua y en la competencia en la ejecución de los dibujos, maquetas, textos, etc. elaborados por los alumnos. Además, que la posibilidad de los alumnos de representar explicaciones cada vez más complejas, no solo está relacionada con las ideas que han expresado o representado en momentos anteriores, sino también con el tipo específico de representación que se les solicita en cada momento, con el apoyo que reciben de otras personas, especialmente de los y las docentes, y de la negociación social de la tarea que se realiza (ver Gómez, 2008).

Implicaciones educativas

Terminaré esta presentación esbozando apenas algunas implicaciones educativas. Para promover los *procesos de modelización* en la enseñanza de la biología algunas implicaciones a considerar son:

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la
Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 521 - 532.

Es necesario partir de los fenómenos para explicar. Un aspecto clave de la modelización es la generación de un pensamiento abstracto sobre el mundo de los fenómenos. Los fenómenos relacionados con los seres vivos, por ejemplo, se convierten en fenómenos biológicos cuando son reinterpretados para el alumnado usando ideas abstractas, cuando estas ideas les permiten predecir, intervenir, ver y hablar desde otra perspectiva: la biológica. Esto implica que las ideas no pueden enseñarse desligadas de los fenómenos que explican.

La experimentación ha de ser recontextualizada y repensada. El método científico no se considera hoy en día la “forma de hacer ciencia”, sabemos que existen muchas metodologías para construir ideas biológicas. La relación teoría – práctica es compleja y dinámica, el experimento no siempre es para comprobar hipótesis o para demostrar la teoría. Los experimentos nos sirven para muchas cosas: ver un fenómeno desde otra perspectiva, plantearnos preguntas, probar ideas, obtener evidencias para argumentar, aprender a “ver” con la mediación de instrumentos, aprender historia de la ciencia y cómo se construye el conocimiento científico, etc.

Los modelos eruditos no se re-construyen en el aula de una vez y para siempre, se trata de un proceso paulatino en el que la transposición didáctica juega un papel primordial, en el que las ideas se van ampliado, complejizando, substituyendo, reformulando.

Respecto a la construcción de explicaciones multimodales:

Hemos de considerar la importancia de incorporar la multimodalidad en las explicaciones realizadas por los alumnos y las alumnas (no por el docente, no por el libro) explicaciones que han de generar un pensamiento crítico y reflexivo.

No podemos dejar de lado la nueva labor del docente que implica un proceso de formación inicial y permanente diferente al que actualmente reciben. el docente como mediador es crucial en la negociación social de la tarea, de las explicaciones y de sus diversas representaciones y debe reconocer la competencia representacional de los y las alumnas y apoyarla (lo entenderíamos aquí como una forma de andamiaje).

No podemos perder de vista que la explicación que generan los y las alumnas está relacionada con diversos factores, uno de ellos el soporte semiótico. Las explicaciones están en contexto, el aprendizaje es situado. esto tiene consecuencias también en los procesos de evaluación: si las explicaciones de los y las alumnas se relacionan con la negociación social, la tarea solicitada, el soporte semiótico en que se realizan, entonces la evaluación habría de considerar estos aspectos.

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la
Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 521- 532.

Ante este enfoque de modelización y explicaciones multimodales enfrentamos muchos retos como docentes y como investigadores educativos. Desde la docencia algunos de éstos son:

Pasar de los temas a las preguntas y los enigmas.

Pasar de la evaluación de contenidos a la de competencias (explicar, entre otras)

Pasar de la enseñanza de teorías a la generación de hipótesis de progresión para la introducción de ideas....

No se me escapa que hoy en día los alumnos no solo deben aprender biología en el sentido aquí descrito, sino aprender sobre cómo se construyen los conocimiento biológicos. Ojala tengamos oportunidad en otra ocasión de charlar sobre este otro aspecto que representa, al igual que la modelización, un pilar de la alfabetización científica actual, así como la de ahondar en los temas aquí expuestos.

BIBLIOGRAFÍA

- Buckley, B.C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *Int J. Sci. Edu.*, 22(9): 895-935.
- Diario Oficial de la Unión Europea (2006). Recomendación del parlamento europeo y del consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente (2006/962/CE).
- OECD (2003). *Assessment framework mathematics, Redding, Science and problema solving knowledge and skills*. OECD.
- SEP (2009). *Plan de estudios 2009*. Educación Básica Primaria. México.
- Gracia, P. (2005). Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. Pp. 1-5.
- Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México, Ciencia Básica.
- Gómez, A. (2006). El modelo cognitivo de ciencia y la ciencia escolar como actividad de formación. *Configuraciones Formativas. I. El estallido del concepto de formación*, 139-156.

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la
Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 521- 532.

- Gómez, A (2008). Construcción de explicaciones multimodales: ¿Qué aportan los diversos registros semióticos? *Revista latinoamericana de estudios educativos*, 4(2): 83 – 99.
- Gómez, A. (2009). *El estudio de los seres vivos en la Educación Básica. Enseñanza del sistema nervioso desde un enfoque para la evolución de los modelos escolares*. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Gómez, A., Pujol, R. y Sanmartí, N. (2006). Pensar, actuar y hablar sobre los seres vivos alrededor de una maqueta. *Alambique didáctica de las ciencias experimentales*, monográfico: Los trabajos prácticos en la construcción del conocimiento biológico y geológico, 47: 48-55.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J. y Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning. The rhetorics of the science classroom*. London, Continuum.
- Mayer, R. (2007). *Multi-media Learning*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Ruiz Ortega, F.J. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales *Estudios latinoamericanos de educación*, 3 (2): 41 – 60.
- Thagard, P. (1992). Analogy, Explanation, and Education, *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), pp. 537-544.
- Norris, S.; Guilbert, S.; Smith, M.; Hakimelahi, S. y Phillips, L., (2005). A Theoretical Frame- work for Narrative Explanation. *Sci. Ed.*, 89: 535-563.