

Entre modelos y modelizaciones

El ser vivo desde el Nivel Inicial

Sylvia Ithurralde | Maestra. Coordinadora del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

La investigación sobre la concepción de ciencia que tienen los escolares uruguayos a través de las representaciones que explicitan del científico y su contexto, realizada por el equipo, proporcionó una serie de evidencias interesantes para la continuación del trabajo; de ellas seleccionamos algunas que motivan este artículo.

La casi totalidad de los niños de 5 años dibujaron biólogos cuando se les solicitó un científico; sus biólogos trabajaban prioritariamente al aire libre o en espacios no caracterizados; investigaban animales y plantas a través de la observación.

Casi no apareció en este Nivel la pregunta como causante de la investigación. Unos pocos los dibujan investigando enfermedades, elaborando remedios o vacunas, confirmando la visión romántica de que son altruistas y buscan el bien común.

El único indicio de uso de modelos quizás sea el de Denis que ante la pregunta: ¿qué hacen los científicos?, responde: piensan. (cf. Achigar, Bertolotto, de Paula, Borges y Torres, 2013:93-110)

«Los dibujos muestran mayoritariamente una imagen de ciencia estereotipada: empresa individualista, masculina, elitista, separada del contexto de producción y socialmente neutra.» (Achigar y de Paula, 2013:122)

Como el biólogo es el científico más dibujado a esa edad y, a su vez, los contenidos de Biología suelen ser los más enseñados, se abre una excelente posibilidad para incidir en una alfabetización científica valiosa desde el inicio de la escolaridad.

INVESTIGACIÓN DE LA CONSIGNA: válidos 74 dibujos	
BIÓLOGO	69%
ASTRÓNOMO	1%
GEÓLOGO	1%
QUÍMICO	6%
INVENTORES	23% (Dexter)
INVESTIGACIÓN: válidos 17 dibujos	
BIÓLOGOS →	88%
USAN LUPAS	58%
COOPERAN (son más de uno)	76%
EN EL LABORATORIO	29%
EN EL EXTERIOR	41%

Fuente: Cicerchia, de Paula y otras (2013)

Pensamos¹ que es necesario intervenir en tres aspectos: en la imagen de biólogo, en el campo de estudio de la Biología y en nuestra manera de enseñarla, que requiere incorporar algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia para poder lograr una imagen crítica sobre el funcionamiento de la misma, sus alcances y limitaciones.

¹ Se recogen ideas elaboradas junto a Cecilia Cicerchia y Selva de Paula para una ponencia presentada en el IV Encuentro de Innovadores Críticos: "Las prácticas reflexivas en la enseñanza de las ciencias biológicas. Caminos innovadores para la inclusión con calidad". Buenos Aires, 21-23 noviembre 2013.

En “Pistas para el aula. Al pensar actividades...” (Gesuele, 2013:167-173), el lector encontrará propuestas para elaborar actividades que promuevan una imagen adecuada de científico. Es necesario considerar que si bien los niños dibujan actividades vinculadas al campo biológico, no lo conocen como tal. Por eso es importante posibilitarles experiencias que les permitan comenzar a conformarlo. Una mirada a los contenidos programáticos nos dice que zoólogos, botánicos, ecólogos y paleontólogos, biólogos de desarrollo y biólogos evolutivos deberían “entrar” al aula, real o virtualmente. Por su ubicación geográfica no todas las escuelas tienen acceso a centros universitarios o de investigación; pero sí lo tienen a través de la tecnología (*Skype*).

En este artículo elegimos enfocar el tercer aspecto, en particular el campo: la relación entre el conocimiento científico y el mundo natural; el carácter modélico del primero establece una relación de similitud con el sistema que representa al segundo o a parte de él.

Para entrar al tema

Al pensar las actividades de intervención en este eje durante la investigación, nos limitamos a los contenidos explicitados en el *Programa de Educación Inicial y Primaria. Año 2008*; por eso solamente se trabajó “*Modelos geocéntrico y heliocéntrico*” en quinto grado.

Pero si el conocimiento científico es modélico, ¿la escuela no debería enseñar modelos? ¿Cuáles? ¿Los modelos históricos más famosos? Teníamos experiencia en el uso del modelo corpuscular de la materia en distintos grados escolares, aunque programáticamente es contenido de sexto grado. ¿Los modelos científicos actuales? En la bibliografía encontramos la expresión “modelos científicos escolares”, ¿qué son?, ¿cómo son?, ¿se elaboran?, ¿cuándo introducirlos?, ¿cómo enseñarlos? ¿Por qué se habla de modelos y de modelización? ¿Involucrar a los niños en actividades de modelización? ¿Es imprescindible e impostergable tenerlos en cuenta al enseñar? Estas son algunas de las preguntas que nos planteamos. Las intentaremos responder, restringiéndolas al modelo ser vivo desde el Nivel Inicial, a través de una selección de textos de diversos didactas que esperamos ayuden a la reflexión y a esbozar posibles líneas de acción.

“Ideas de” la ciencia

Solemos decir que la ciencia es un conocimiento modélico, lo cual la diferencia de otras actividades. Pero ¿*qué son los modelos científicos?*

«La actividad cognitiva de los científicos da como resultado unas representaciones abstractas capaces de comprender y transformar la realidad. Estos modelos del mundo se ponen en juego en explicaciones expresadas por medio de afirmaciones de carácter teórico y práctico sobre los sistemas reales. [...] Es decir que los contenidos de la ciencia pueden ser considerados primeramente representaciones sobre el mundo que pretenden referirse a él y darle sentido (esto es, explicarlo). [...]

Los modelos son de por sí entidades inexistentes en la realidad. Constituyen representaciones teóricas de los sistemas, que también en sí mismos son “re-presentaciones” (simplificadas e idealizadas).

[...] los modelos constituyen explicaciones pragmáticas de tipo analógico sobre la realidad, en ningún caso representaciones pictóricas directas de la misma.» (Adúriz-Bravo, 2009:15-19)²

La conceptualización de modelo científico es diversa, al ser diferente la posición epistemológica que la sustenta.

«El único rasgo común de la idea de modelo sobre el que acuerdan casi todos los científicos naturales y epistemólogos de las distintas épocas es el hecho de que el modelo es un “sustituto” –o técnicamente hablando, un subrogado– de los sistemas reales que se están estudiando. La complejidad de esos sistemas, con numerosas componentes ricamente relacionadas entre sí, hace imposible atacarlos científicamente; por lo tanto, los científicos y científicas trabajan con “reemplazos” (re-presentaciones) de esos sistemas que sólo retienen algunos elementos parciales de interés.» (Adúriz-Bravo, 2011:143)

² Salvo aclaración especial, los destacados en negrita en todos los textos citados son nuestros.

modelos y modelizaciones

Optamos por intentar adentrarnos en la concepción semántica que hoy es predominante entre los epistemólogos y los didactas de las ciencias.

«De un modelo científico cabe afirmar que es similar al sistema que modeliza en tales aspectos y con tales grados de ajuste. [...] Los modelos no son el mundo, sino una analogía que “se parece” a él en algunos toques (y, por tanto, difiere en muchos otros). [...] No existe una relación directa entre lo que decimos del mundo y la manera en que ese mundo se nos muestra; esa relación está mediada por los modelos.» (Adúriz-Bravo, 2013:24-25)

Adúriz-Bravo (2012) caracteriza los modelos científicos como *modelos a partir de algo* y *como modelos para*. «Podemos pensar que un modelo capta los elementos esenciales de un sistema y se convierte así en una forma de comprender otro sistema.» Los considera analogías, productos sociales y culturales de carácter teórico que median entre la teoría y la realidad.

Chamizo (2010:27) define los modelos así: «Los modelos (*m*) son representaciones, basadas generalmente en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción del mundo (*M*), con un objetivo específico.»³

Considera las “representaciones” fundamentalmente como ideas, aunque pueden ser objetos materiales. Son representaciones para quienes las identifican como tales.

Se sustentan en “analogías” formadas por rasgos o propiedades que se piensan similares en *m* y en parte de *M*.

Remiten a un tiempo y un lugar en el que se los construyó, esto los “contextualiza”.

Poseen un “objetivo específico”, se elaboran para explicar y sobre todo para predecir.

«...se puede definir la ciencia como un proceso de construcción de modelos con distintas capacidades de previsión. Esta definición une los procesos (de elaboración de modelos y de utilización de los mismos como herramientas del pensamiento científico) y los productos (modelos generados por tales procesos) de la ciencia. A la vez identifica la construcción de modelos no como una etapa auxiliar sino

como un aspecto fundamental en el proceso dinámico y no lineal de construcción del conocimiento científico (Del Re, 2000; Giere, 1999).» (apud Justi, 2006:176)

Este proceso de construcción de modelos suele denominarse **modelizar**. Pero también se **modeliza** cuando se subsumen algunos hechos enigmáticos para intentar ser explicados por cierto modelo; o cuando, ante nuevos fenómenos, más datos o conocimientos teóricos adicionales, es necesario ajustar modelos existentes añadiéndoles detalles o “perfeccionándolos” (cf. Adúriz-Bravo, 2011:154-155).

Si bien hasta aquí estamos en el plano epistemológico, lo planteado es básico para el campo didáctico. La idea de que el conocimiento científico es modélico, resulta fundamental para la elaboración de una adecuada concepción de ciencia, ya que permite:

«...erradicar la visión realista ingenua (...) según la cual la teoría científica es concebida como una “copia” de la realidad y su verdad se evalúa en función de la correspondencia entre ambas. [...] la noción de modelo ayuda a concebir el devenir histórico de la ciencia como un proceso [...] en cada época la comunidad científica concibe la realidad.» (Lombardi, 1998:13)

Los modelos de la Biología

«El conocimiento biológico traduce una manera de leer y explicar la realidad vinculada con los seres vivos. Se expresa en términos de modelos que la comunidad biológica elabora haciendo uso de la lógica, de la deducción, pero también de la imaginación [...] no son sino construcciones [...] no existen como tales sino como entidades abstractas que permiten mirar y explicar ciertos fenómenos [...] Su aparición no está ligada a la necesidad de la descripción de evidencias, sino a la necesidad de explicación de esas evidencias.» (Dibarboure, 2011:40)

³ Destacados en negrita en el original, el subrayado es nuestro.

¿Podemos pensar en un modelo “SER VIVO”?

«Frente a las preguntas: ¿cuáles son las condiciones necesarias para que un sistema pueda calificarse de vivo? [...] los investigadores se dividen en dos grandes grupos. Para unos, la vida tiene su origen en la capacidad de ciertas moléculas para autoreplicarse. Carl Sagan decía “la vida es cualquier sistema capaz de reproducción, de mutación y de reproducción de sus mutaciones” [...]

Por otro lado y en forma mayoritaria, otro grupo de investigadores no miran lo molecular como el nivel de organización mínimo sino una estructura de mayor complejidad: la célula.

Consideran que la forma de vida mínima es un sistema que está delimitado por un compartimento semipermeable, que se automantiene produciendo las sustancias que le son necesarias, y que utiliza la energía que surge de la transformación de los nutrientes que toma del exterior para esa automantenimiento.» (Dibarboure, 2009:43)

Intermedio

A quien este enfoque le resulte ajeno, contrario, o muy diferente a su formación, le recomendamos hacer aquí una pausa. Pensar sobre su concepción de ciencia y de conocimiento científico, y hacer conscientes las diferencias con esta posición semántica. No es posible pensar en organizar la enseñanza basándola en modelos, si no tenemos claro qué es un modelo. Quizás sea buen momento para recurrir a alguno de los artículos de los que hemos transcrito párrafos. Recomendamos la lectura de “Características epistemológicas clave de los modelos científicos relevantes para la didáctica de las ciencias”, de Adúriz-Bravo (2013), por ser una excelente síntesis.

“Ideas para” el aula

El equipo apoya la concepción de una *ciencia escolar* y, por lo tanto, del *conocimiento científico escolar*.

«Si las ciencias son el resultado de una actividad humana compleja, su enseñanza no puede serlo menos: debe concebirse también como actividad y para ello debe tener la meta, el método y el campo de aplicaciones adecuados al contexto escolar, conectando con los valores del alumnado y con el objetivo de la escuela (que es promover la construcción de conocimientos y hacerlos evolucionar) (Sanmartí y Izquierdo, 1997).» (apud Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999:49)

En este marco resulta retórico preguntarse “¿debe ser modélico?”. Sí, si entendemos la enseñanza en relación con el conocimiento científico. Si los modelos son la esencia del conocimiento científico, deberían ser igualmente importantes en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencia.

Pero *¿qué son los modelos científicos escolares?*

No son una simplificación de los modelos de la ciencia para ponerlos al alcance de los niños, sino una construcción nueva y compleja, valiosa cultural y educativamente, que depende de la edad y las finalidades de la enseñanza.

Requiere la transformación del conocimiento científico en un conocimiento posible de ser enseñado en un aula específica a unos alumnos particulares; esta transposición afecta tanto al contenido (plano semántico) como a la forma (plano lógico). Algunas de las transformaciones pueden ser: disminuir el grado de abstracción, reducir el número de variables, sustituir el modelo actualizado por modelos aproximativos vigentes en otros momentos históricos, analogar el modelo a situaciones más conocidas por los alumnos, utilizar metáforas que lo expliquen... (cf. Adúriz-Bravo y Morales, 2002).

«[...] se podría trabajar en clase con algunos *modelos científicos escolares “irreducibles” [...] que funcionen con el objeto de entender el mundo natural mediante ideas abstractas, pero que a la vez no estén tan alejados –al menos inicialmente– de las representaciones mentales que traen al aula los/las estudiantes*

modelos y modelizaciones

para cualquier nivel educativo. La propuesta es, entonces, que en las clases de ciencias algunos hechos sugerentes o situaciones de interés para este “sistema aula” puedan ser mirados a través de una lente teórica, pasando a ser modelos de alguna idea estructurante, es decir, a la vez modelos-de algo que se estudia y modelos-para investigar nuevos hechos similares a los iniciales y bajo las mismas “reglas de juego” [...]» (Amador y Adúriz-Bravo, 2011:14)

Entonces, ¿cuál podría ser el modelo científico escolar SER VIVO?

Creemos que, más allá de las prescripciones programáticas, cada institución debería formular su propio modelo teórico a ser enseñado. Por eso hemos recopilado diferentes posiciones que esperamos sean de utilidad.

«[...] 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 está 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 Rovira, 2005:3)

Algunos autores señalan que se deberían enseñar los elementos constitutivos del modelo, ideas clave como las siguientes: «Los seres vivos son diversos y están adaptados al medio [...]; cambian, ellos mismos y su medio [...]; tienen necesidades [...]; se perpetúan [...]; se “enteran” [...] Ideas clave que favorezcan la adquisición de un modelo de ser vivo cada vez más amplio y complejo, pero

al mismo tiempo más unitario y sintético.» (Garrido y Martínez, 2009:183-184)

Otros se centran en una visión compleja del “ser vivo organismo” y sus interrelaciones con el medio:

«...los seres vivos son sistemas complejos en constante interacción con su medio, donde la estructura y dinámica de las funciones interactúa (Kitano, 2002). Abordar el estudio de los seres vivos en la escuela requiere una visión compleja de éstos y de sus interacciones con el medio (Pujol, 2003) [...] comprender la interdependencia entre los seres vivos y el medio, apreciar la vida a través de entenderla como fenómeno dinámico y singular, ver su vulnerabilidad y su capacidad de adaptación y, en función a ello, hacerse preguntas y buscar las posibles respuestas.

[...] esta propuesta (...) se aborda recuperando tres funciones: nutrición, relación y reproducción, pero afrontándolas de manera interdependiente y, especialmente, en la integración de un organismo que vive en un medio específico. [...]

Tomando como base estas ideas, el modelo de ser vivo puede considerarse como una teoría formada a su vez por tres familias de modelos: modelo “ser vivo-organismo”, modelo “ser vivo-ecosistema” y modelo “ser vivo-célula”» (Gómez Galindo y otras, 2007:327)

Situarse en el ser vivo-organismo supone:

«[...] considerar a los seres vivos como sistemas abiertos que intercambian materia y energía con el medio y como resultado de ello se modifica el medio (nutrición), captan estímulos del medio y responden a ellos y hasta cierto umbral mantienen un estado de equilibrio (relación o regulación), proviene de otros seres vivos y puede reproducirse y transferir sus características a sus descendientes (reproducción) [...] enfatizamos la relación entre los seres vivos y con el medio [...] destacando la necesidad de incorporar explícitamente los cambios en el medio y específicamente las perturbaciones [...] considerar los fenómenos a múltiples escalas [...] considerar el azar [...] reconocer la multicausalidad [...]» (Gómez, 2005:44-45)

Por último presentamos un modelo de ser vivo en relación con el ambiente, elaborado para los primeros años de la escolaridad:

«Construir el modelo de ser vivo [...] puede abordarse de múltiples maneras. Una posible forma es considerar que su organización responde a las posibilidades de desarrollarse en un ambiente en función de los límites que éste impone y de la información genética que poseen, permitiendo que pueda "ser" y, consecuentemente, vivir o, por el contrario impedir que "sea" y, por lo tanto morir. Es una forma de abordar el estudio de los seres vivos desde una perspectiva sistémica que los identifica como sistemas abiertos y complejos. Abiertos porque, para poder ser, intercambian continuamente materia, energía e información con el ambiente que les rodea. Complejos porque están formados por muchos elementos interconectados cuyo conjunto no es la suma de sus componentes. [...] conlleva la imposibilidad de pensar que pueda vivir separado de su ambiente. Su vida depende siempre del medio externo en el que vive, puesto que interacciona constantemente con sus elementos [...] Ayudar a los escolares a elaborar un modelo sobre los seres vivos con relación a su ambiente comporta necesariamente dejar de estudiarlos como sistemas aislados y hacerlo desde la complementariedad entre su organización y el ambiente en que viven.» (Pujol, 2003:278-279)

Estos modelos, al igual que los científicos, no son únicos. No es uno válido y los restantes no. Son una trama de ideas que permiten comprender y actuar sobre el mundo.

«No existe "el" modelo de un sistema real dado, sino una multiplicidad de modelos según los factores considerados relevantes [...] dado un cierto sistema real, no es posible considerar uno de sus modelos como "mejor" que otro en un sentido absoluto, sino sólo en relación a los objetivos específicos de la aplicación específica que se lleva a cabo.» (Lombardi, 2011:91)

Intermedio

Invitamos al lector a analizar la transposición existente entre los modelos científicos de ser vivo que hemos transcrito y los modelos científicos a nivel escolar que seleccionamos; a reflexionar sobre las características de lo que se denomina modelo científico o modelo teórico escolar, y a conocer en profundidad uno de ellos. Si bien el libro de R. M. Pujol es específico para el Nivel Inicial, creemos que cualquiera de los artículos de A. A. Gómez Rovira resulta más adecuado para el trabajo del colectivo docente.

“Ideas a partir de” los modelos

¿Qué hacemos con los contenidos?

Es necesario que el colectivo docente “lea” los contenidos de Biología para poder “armar” el modelo ser vivo implícito en el programa escolar. Pero cualquiera sea la decisión que la institución tome, cada docente deberá nuevamente transponerlo para organizar la enseñanza de acuerdo al grupo de alumnos a su cargo.

Quizás algún lector considere que los contenidos referentes a ser vivo están muy compartimentados y que pensar actividades que impliquen un abordaje complejo no es tarea sencilla. No lo es. Sugerimos poner a un lado los contenidos de educación para la salud, educación ambiental y educación de la sexualidad; si bien tienen componentes biológicos vinculados fundamentalmente al ser humano, dificultan en una primera instancia centrarse en el “ser vivo”. Será necesario volver luego a ellos, pero con otra mirada.

Consideremos, por ejemplo, los contenidos en “Tres años”.

modelos y modelizaciones

5.4.1. Biología		
Tres años	Cuatro años	Cinco años
<p>El niño y su cuerpo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las características de la anatomía externa. - Las semejanzas y diferencias con sus pares. 	<p>La relación individuo – ambiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las plantas en el ambiente del niño. - Su crecimiento y sus cuidados. 	<p>Los ecosistemas acuáticos y terrestres.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El agua en la vida de animales y plantas.
<p>La nutrición y la salud.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La importancia de la alimentación de 0 a 3 años. Los cambios corporales. - El valor de los lácteos por los nutrientes que aporta. - La higiene de manos y cepillado de dientes. - La ventilación pulmonar: la inspiración y la espiración. 	<p>La morfología externa e interna de nuestro cuerpo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La comparación con otros animales. <p>La alimentación en animales.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El origen de los alimentos (animal y vegetal). - La nutrición humana: las ingestas diarias y sus transformaciones. 	<p>Los órganos de una planta (Angiospermas).</p> <p>La relación trófica.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La dentición carnívora, herbívora y omnívora. - Los tipos de dientes.
<p>El ambiente y la salud.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La actividad y el descanso. 	<p>La locomoción en mamíferos y otros animales.</p>	<p>El aire en la vida de los animales.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El intercambio de gases en la respiración del hombre y otros animales.
<p>El individuo sexuado.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los órganos genitales externos. 	<p>Las acciones de salud: el control pediátrico.</p> <p>Los cambios corporales y conductuales durante la gestación en humanos y otros animales.</p>	<p>El desarrollo y la salud.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La vacunación como prevención de enfermedades. <p>El dimorfismo sexual en animales.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La continuidad de las especies.

Fuente: ANEP. CEP (2009:202)

Rescatemos lo positivo, el primer ser vivo sobre el que el niño va a pensar, hacer y hablar es sobre sí mismo y sus pares; hay unidad y diversidad. Pero si ponemos a un lado los contenidos de educación para la salud, educación ambiental y educación de la sexualidad, parecería que ese pensar queda limitado a la anatomía externa. ¿Sin planteo sistémico ni complejo?, ¿sin interacciones con su interior ni con el medio? ¿No es posible en “Tres años”? Pensamos que sí. Es imprescindible superar ese enfoque tradicional centrado en descripciones morfológicas y en clasificaciones sin sentido para los alumnos. Para cambiar, basta con que miremos los contenidos desde las ideas. Está presente la función de nutrición: se alimenta desde que nace y ese alimento ocasiona cambios en su cuerpo; respira. Esto implica la posibilidad de dos interacciones, hacia lo micro –qué sucede al interior de su cuerpo– y hacia lo macro –ese alimento proviene del ambiente–. La función de relación estaría presente con el vínculo que se puede establecer con la luz y su ausencia, los ritmos. Por último, la función de reproducción al considerarse un individuo sexuado.

Por otra parte, contenidos que parecen exclusivamente de educación para la salud, como el lavado de manos y cepillado de dientes, posibilitan pensar por qué debo hacerlo, conocer otros seres del medio que no se ven y que a lo largo de la escolaridad pasarán a ser “seres vivos”.

Aún así parece insuficiente, falta esa idea teórica que dé unidad y que nos habilite a un planteo complejo que incluya esos y otros contenidos. Creemos que quizás pueda ser tomada de Pujol (2003): «[...] Su vida depende siempre del medio externo en el que vive [...]».

Si vamos a enseñarles que ellos son seres vivos, y si tienen tres años de edad, esa parece ser la idea que les permitirá reflexionar sobre la interacción del ser vivo organismo con el ambiente. Esta posición coincide con la fundamentación del área:

«Estos saberes se organizan e interrelacionan a partir de tres conceptos inclusores: SERES VIVOS – MATERIA – ENERGÍA. Estos son conceptos de mayor amplitud, compartidos por las diferentes disciplinas que posibilitan un enfoque multidimensional y complejo. Su selección responde a un criterio de inseparabilidad, ninguno puede tratarse sin abordar al otro en una visión sistémica.» (ANEP. CEP, 2009:86)

Si el docente se anima, abordar la unidad y la diversidad posibilita introducir una idea epistemológica propia de la Biología, su doble causalidad, en este caso las causas próximas.

«El hecho de que todo fenómeno biológico pueda entenderse como consecuencia de dos tipos de causas: las “causas próximas” y las “causas últimas” (Mayr, 1998:86) [...] La primera [...] se trata de los mecanismos físicos, químicos y fisiológicos que producen el rasgo en el organismo [...] Es la denominada “biología funcional” que nos dice cómo se construye y funciona el rasgo en el organismo individual. La segunda que identifica las causas últimas las brinda la “biología evolutiva” (Mayr, 2006:40-41). Se recurre a la historia de la especie para explicar por qué el rasgo es el que es y no otro alternativo [...]» (González Galli, 2010:86-87)

El desafío es pensar actividades que los hagan reflexionar y preguntarse acerca de ese todo que son; avanzar en las tres escalas interrelacionadas, desde lo meso a lo macro y a lo micro. Para ello necesitamos contenidos de otras disciplinas. No olvidemos que: «Si bien la propuesta programática presenta los contenidos distribuidos en disciplinas, se considera necesario tener en cuenta en su abordaje, **la esencia sistémica de la Naturaleza**⁴» (ANEP. CEP, 2009:87).

Seguramente será necesario incluir, por ejemplo, “La radiación solar: la luz” (Astronomía), por su incidencia en el crecimiento y en los ritmos vitales; o “La sensación térmica” (Física), como respuesta a cambios en el medio.

Estas dificultades en cuanto a los contenidos que señalamos en Tres años, se reiteran en Cuatro años y en Cinco años si pensamos en el Nivel Inicial; pero, en general, esto ocurre en todos los grados. Sobre los contenidos hemos de tomar decisiones a la interna de la institución, quizás para seleccionar jerarquizando, modificar o mover de grado en función de los objetivos de aprendizaje que se hayan establecido. Y cada elección supone... reflexión, dudas, análisis, estudio, esfuerzo, decisión colectiva...

¿Cómo pensar la enseñanza?

«El centro de este enfoque didáctico son los **modelos**⁵ [...]» (ANEP. CEP, 2009:90)

Suponga el lector que ya ha decidido el modelo teórico ser vivo que le parece adecuado para que elaboren y usen sus alumnos. Esas ideas que les permitirán explicar ciertos fenómenos y predecir otros.

La responsabilidad de iniciar el proceso de modelización recae en los maestros; debemos elegir con qué objetivo y cuándo introducir la secuencia de actividades para que los alumnos puedan empezar a reelaborarlos (cf. Justi, 2006). Decimos reelaborarlos porque es necesario relacionar el modelo científico escolar con los modelos mentales del alumno. Los niños tienen modelos mentales de los seres vivos, constituidos fundamentalmente a partir de la experiencia cotidiana en el mundo natural y en las interacciones sociales. Al comienzo, para cada ser vivo formulan un modelo de sentido común, con aspectos lingüísticos y representacionales. Así llaman perro a los perros de variadas razas, les asignan cuatro patas, etc. Pero tienen también su modelo de ser vivo que ponen en uso cuando les pedimos que separen seres vivos de no vivos. Ese modelo dista mucho del de la Biología y es el que tenemos que hacer avanzar. Se trata de iniciar un proceso que permita a los niños repensar y elaborar nuevas representaciones de los seres vivos, haciéndolas cada vez más complejas.

«Mientras podemos observar que la construcción de modelos acerca de las actividades fisiológicas se desarrolla precozmente en la evolución cognitiva de los niños (Arca et al. 1988), también constatamos que cualquier modelado ingenuo de las percepciones, por más naïf que pueda parecer, se esfuerza por expresar de forma significativa las conexiones esenciales entre los individuos y el entorno [...]»

Cada modelo infantil de la realidad suele estar enfocado hacia una forma definida de observar una situación compleja, apropiada para explicarla parcialmente; mediante un modelo el niño es capaz de interpretar parcialmente hechos y fenómenos de acuerdo con un punto de vista muy específico, y la correspondiente conciencia metacognitiva se desarrolla de forma bastante temprana (Mazzoli 1987). [...]»

*La tarea social (Pozo 1987) de enseñar ciencias a los niños, consiste en estimular el desarrollo de sus simples actividades de modelado hacia otras más complejas y articuladas; **la enseñanza de las ciencias en la escuela debe operar componiendo e integrando distintos tipos de actividades de elaboración de modelos, y desarrollando otros nuevos, con el objetivo de llevar gradualmente la ingenuidad de los modelos infantiles hacia la complejidad de los modelos científicos.**» (Arcà y Guidoni, 1989: 164-166)*

⁴ Destacado en negrita en el original.

⁵ *Idem.*

modelos y modelizaciones

Aunque esos modelos nos parezcan muy simples, son producto de actividades cognitivas muy complejas, debemos saber “leerlos” e interactuar con ellos. Si nos centramos en el Nivel Inicial hay posturas diferentes.

«...el concepto de modelización se presenta de una forma singular en la educación infantil: la construcción de modelos en niños pequeños no consistiría en la adquisición del modelo en sí, sino de elementos clave incluidos en el modelo científico.

En este sentido, Lemeignan y Weil-Barrais (1993) proponen el enfoque de modelos científicos precursores (MCP) para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias con niños pequeños. Estos modelos son compatibles con los modelos científicos, ya que se edifican sobre la base de elementos clave incluidos en ellos y tienen un rango limitado de aplicación. [...] El concepto de MCP es un enfoque que ha mostrado ser adecuado para el progreso cognitivo de los niños (Canedo-Ibarra, 2009; Canedo-Ibarra et al., 2010; Ravanis, 2000), puesto que les permite comenzar a construir las bases del modelo científico que será ampliado y definido a través de intervenciones didácticas posteriores (Pujol, 2003).

Este modelo precursor puede considerarse uno de enseñanza, en palabras de Gilbert y Boulter (1998) y de Erduran y Duschl (2004), y también un modelo inicial o escolar (Canedo-Ibarra, 2005; Izquierdo et al., 1999; Pujol, 2003; Sanmartí, 2005); es decir, un modelo estructurante especialmente construido para promover la comprensión de un fenómeno del mundo desde un punto de vista científico escolar, con diversos grados de especificidad y de abstracción (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2001, 2003; Izquierdo, 2005).» (Canedo y otros, 2012:698-699)

Tomar decisiones sobre cómo enseñar para que los niños modelicen en cualquier momento de su escolaridad, es un proceso que deberemos aprender. ¿Cómo escoger las situaciones para que el niño pueda pensar sobre ellas, que le generen preguntas y le permitan argumentar respuestas? (cf. Izquierdo, 2006). ¿Cómo intervenir para que pueda abstraer los atributos relevantes del sistema y dejar de lado los que no lo son, para así elaborar generalizaciones con las que construir el modelo?

¿Cómo?... ¿cómo?... y más ¿cómo?...

Conviene tener en cuenta algunos considerandos.

«...el conocimiento base para la enseñanza de un profesor debe incluir al menos siete categorías de conocimiento diferentes: (i) conocimiento del contenido, (ii) conocimiento didáctico general, (iii) conocimiento curricular, (iv) conocimiento didáctico del contenido, (v) conocimiento de las características, los aspectos cognitivos, la motivación, etc. de los estudiantes, (vi) conocimiento de los contextos educativos y (vii) conocimiento de las finalidades educativas, los valores educativos y los objetivos.» (Shulman, 1987 apud Acevedo Díaz, 2009:24)

Ninguno de ellos nos resulta desconocido, pero nos recuerdan la complejidad de nuestra tarea al momento de pensar la organización de la enseñanza.

Intentemos esbozar algunas líneas.

«...la actividad científica escolar posee cuatro elementos fundamentales (...): 1. lo que pasa en el mundo o lo que provocamos que pase al intervenir (los hechos y la experiencia); 2. lo que se piensa sobre eso que pasa y sobre lo que hacemos (el conocimiento: la teoría y los modelos); 3. las finalidades que perseguimos con nuestras actuaciones (los objetivos y las metas); y 4. el lenguaje adecuado para dar sentido y comunicar a otros nuestra intervención cargada de teoría (la comunicación con los sistemas de símbolos).» (Izquierdo-Aymerich, 2005 apud Paz, Márquez y Adúriz-Bravo, 2008:14)

Si seguimos esta línea, luego de establecer **las finalidades que perseguimos** hemos de prever la actividad teniendo en cuenta: **lo teórico** (qué le permite pensar al niño), **lo experimental** (qué le permite hacer) y **lo lingüístico** (qué le permite decir).

Por este motivo, ante todo hemos de definir un recorte conceptualmente relevante de “mundo”, apropiado para crear el escenario en el que se pueda intervenir de manera consciente y reflexiva, donde se pueda discutir y reconstruir en el marco de los modelos teóricos que hemos previsto en el currículo. Fenómenos que puedan tener sentido para los niños, que al ser transformados mediante el conocimiento teórico se acerquen al modelo teórico escolar y puedan ser usados como tales sobre otros fenómenos o parcelas de la realidad.

Luego diseñaremos las actividades a partir de lo que sabemos sobre los conocimientos previos de los alumnos, cuidando que se relacionen con sus valores e intereses de modo que ellos puedan formular auténticas preguntas y desarrollar una actividad explicativa. Se trata de que modelicen y no solamente de que piensen; que piensen teóricamente sin confundir el mundo real con el pensamiento teórico sobre él. El resultado será la construcción de “hechos científicos escolares”, reconstrucciones de los fenómenos en una dimensión abstracta, conjuntos de hechos del mundo interpretados gracias a un modelo teórico que, ya de entrada, se les parece en algo y que, por lo tanto, no les resulta absurdo a los niños. Los modelos teóricos que usemos son un “como si...”; son el barro con el que los niños elaboran sus castillos, o sus pasteles, cuando juegan; hacen que la clase de ciencias se parezca más a un juego imaginativo que a un trabajo de detective. Por otra parte tendremos especial cuidado de no anteponer la metodología científica al modelo. Nuestra concepción básicamente empirista nos impulsa a poner por delante la metodología científica; las evidencias no hablan por sí mismas, hay que interpretarlas a la luz de lo que se piensa. El “método científico” (observar, formular hipótesis, medir, buscar regularidades...) es necesario para la construcción del hecho científico, siempre y cuando se disponga previamente del modelo adecuado. Antes de ello se dan palos de ciego y por ello va a ser casi imposible que sea el método el que nos lleve al modelo (cf. Izquierdo y otros, 1999; cf. Izquierdo, 2005 y 2007).

Para facilitar el dar sentido al mundo a partir de modelos teóricos escolares podemos usar mediadores. Los mediadores son modelos analógicos del modelo científico escolar, que funcionan como heurísticos para ayudar a pensar, decir y hacer sobre el mundo de fenómenos respecto al cual se está trabajando. Los mediadores se transforman en representaciones, son observables: imagen, maqueta... Funcionan como modelos teóricos iniciales para representar(se) el mundo natural en la clase, dan sentido (cf. Adúriz-Bravo y otras, 2005).

«Cualquier representación subrogante, en cualquier medio simbólico, que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se está estudiando, califica como modelo teórico: [...] también las maquetas, las imágenes, las tablas, los grafos, las redes, las analogías... siempre que habiliten, a quien los usa, a describir, explicar, predecir e intervenir y no se reduzcan a meros “calcos” fenomenológicos del objeto sustituido.» (Adúriz-Bravo, 2011:152-153)

Otros autores propician la indagación guiada (Gellon y otros, 2005:129) como un camino posible. Coincidiendo o no con esta posición, sí son fundamentales nuestras preguntas, deben promover habilidades cognitivo-lingüísticas: describir (qué tiene, cómo es, qué pasa, cuándo pasa, cómo pasa); explicar (cómo funciona, qué hace que..., qué pasaría si..., qué necesita para...); argumentar (por qué..., cómo puede ser que...) (cf. Bonil y Pujol, 2008:407). Darles el espacio y el tiempo para hablar, para escucharse, para intercambiar ideas a fin de construir sus explicaciones que cual hipótesis sean el puente entre el modelo y la realidad estudiada. Esto implica una organización del alumnado, preferentemente en pequeño o pequeños grupos, y una cuidadosa intervención que genere un clima de bajo riesgo que propicie la exposición de las ideas, su intercambio, la negociación, la elaboración conjunta de la generalización posible. Si las actividades son situaciones a resolver, los niños han de elaborar explicaciones tentativas, compartirlas, discutir, acordar. Es un proceso de negociación que debe ser adecuadamente intervenido para ir elaborando nuevas formas de “ver” el mundo. La oralidad, la expresión corporal y los distintos registros lingüísticos, icónicos o gráficos pasan a ser relevantes.

Intermedio

Si aprender ciencias es transformar las representaciones que tenemos del mundo, la tarea no es sencilla, pero la hemos de comenzar en el Nivel Inicial y continuar en toda la escolaridad.

Es tiempo de pensar, hacer y comunicar nuestras experiencias de aula, compartir nuestros modelos teóricos didácticos. El desafío está planteado.

Bibliografía de referencia

- ACEVEDO DÍAZ, José Antonio (2009): "Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico" en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 6, Nº 1, pp. 21-46. En línea: <http://www.redalyc.org/pdf/920/92012998003.pdf>
- ACHIGAR, Marlene, BERTOLOTTI, Rosario, DE PAULA, Selva, BORGES, Cristina; TORRES, Perla (2013): "Científico loco, ¿estás ahí? Cómo analizar la imagen de científico representada" (Cap. 9) en A. Adúriz-Bravo; M. Dibarbouré; S. Ithurralde (coords.): *El quehacer del científico al aula. Pistas para pensar*, pp. 93-110. Montevideo: FUM-TEP/Fondo Editorial QUEDUCA.
- ACHIGAR, Marlene; DE PAULA, Selva (2013): "Y... ¿qué ciencia representan? Cómo analizarla en los dibujos" (Cap.10) en A. Adúriz-Bravo; M. Dibarbouré; S. Ithurralde (coords.): *El quehacer del científico al aula. Pistas para pensar*, pp. 111-124. Montevideo: FUM-TEP/Fondo Editorial QUEDUCA.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2009): "Un modelo de ciencia para el análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias naturales" en *Perspectivas Educativas*, Nº 1, pp. 13-39. En línea: http://www.ut.edu.co/academico/images/archivos/fac_cien_educ/Publicaciones%20FCE/1.%202008.pdf
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2011): "Concepto de modelo científico: una mirada epistemológica de su evolución" (Cap. 7) en L. Galagovsky (coord.): *Didáctica de las Ciencias Naturales. El caso de los modelos científicos*. Buenos Aires: Lugar Editorial. Colección Nuevos Paradigmas.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2012): "Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química" en *Educación Química*. En línea: en línea 26/03/2012 • educación química
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2013): "Características epistemológicas clave de los modelos científicos relevantes para la didáctica de las ciencias" en *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de Las Ciencias*, Girona, 9-12 septiembre 2013, pp. 22-26. En línea: http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_958.pdf
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín; GÓMEZ, Adriana; MÁRQUEZ, Conxita; SANMARTÍ, Neus (2005): "La mediación analógica en la ciencia escolar. Propuesta de la 'función modelo teórico'" en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, Número Extra, VII Congreso, pp. 1-6. En línea: http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp486medana.pdf
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín; MORALES, Laura (2002): "El concepto de modelo en la enseñanza de la física. Consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas" en *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 19, Nº 1, pp. 76-89. En línea: <https://journal.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/9296/14052>
- AMADOR RODRÍGUEZ, Rafael Yecid; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2011): "A qué epistemología recurrir para investigar sobre la enseñanza de las ciencias" en *Revista Educyt*, Vol. 3 (Enero-Junio). En línea: <http://dintev.univalle.edu.co/revistasunivalle/index.php/educyt/article/view/1840>
- ANEP. CEP. República Oriental del Uruguay (2009): *Programa de Educación Inicial y Primaria. Año 2008*. En línea (Tercera edición, año 2013): http://www.cep.edu.uy/archivos/programescolar/ProgramaEscolar_14-6.pdf
- ARCA, María; GUIDONI, Paolo (1989): "Modelos infantiles y modelos científicos sobre la morfología de los seres vivos" en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 7, Nº 2, pp. 162-167. En línea: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v7n2p162.pdf>
- BONIL, Joseph; PUJOL, Rosa M. (2008): "Orientaciones didácticas para favorecer la presencia del modelo conceptual complejo de ser vivo en la formación inicial de profesorado de educación primaria", en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 26, Nº 3, pp. 403-418. En línea: www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/132196/297702
- CANEDO-IBARRA, Sabrina Patricia; CASTELLÓ-ESCANDELL, Josep; GARCÍA-WEHRLE, Paloma; GÓMEZ-GALINDO, Alma Adrianna; MORALES-BLAKE, Alejandro Rafael (2012): "Cambio conceptual y construcción de modelos científicos precursores en educación infantil" en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, Vol. 17, Nº 54, pp. 691-727. En línea: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14023127002>
- CHAMIZO, José Antonio (2010): "Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias" en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 7, Nº 1, pp. 26-41. En línea: <http://reuredc.ua.es/index.php/tavira/article/view-File/23/21>
- CICERCHIA, Cecilia; DE PAULA, Selva; ETCHARTEA, Andrea; GARCÍA, Ana Laura; GESUELE, Cecilia; MÁRQUEZ, Miriam; PERAZZA, Patricia; PIZZOLANTI, Natalia (2013): "Pistas para pensar la naturaleza de la ciencia en la enseñanza infantil". Ponencia presentada en el *IV Encuentro de Innovadores Críticos: "Las prácticas reflexivas en la enseñanza de las ciencias biológicas. Caminos innovadores para la inclusión con calidad"*. Buenos Aires, 21-23 noviembre 2013.
- DIBARBOURE, María (2009): *...y sin embargo se puede enseñar ciencias naturales*. Montevideo: Ed. Santillana S. A. Serie Praxis. Aula XXI.
- DIBARBOURE, María (2011): "El territorio epistemológico de la Biología y su influencia para la Enseñanza" (Cap. 3) en E. Fiore Ferrari (coord.): *Didáctica de Biología*. Montevideo: Ed. Monteverde.
- GARCÍA ROVIRA, María Pilar (2005): "Los modelos como organizadores del currículo en biología" en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, Número Extra, VII Congreso, pp. 1-6. En línea: http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp491modcom.pdf
- GARRIDO PORTELA, María; MARTÍNEZ, Cristina (2009): "¿Qué enseñar sobre los seres vivos en los niveles educativos iniciales?" en *Aula de Innovación Educativa*, Nº 183-184. En línea: http://www.grao.com/revistas/aula/183_184-competencia-artistica-y-cultural/que-ensenar-sobre-los-seres-vivos-en-los-niveles-educativos-iniciales
- GELLON, Gabriel; ROSENVASSER FEHER, Elsa; FURMAN, Melina; GOLOMBEK, Diego (2005): *La ciencia en el aula. Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Buenos Aires: Ed. Paidós. Colección: Cuestiones de educación.
- GESUELE, Ma. Cecilia (2013): "Pistas para el aula. Al pensar actividades..." (Cap.15) en A. Adúriz-Bravo; M. Dibarbouré; S. Ithurralde (coords.): *El quehacer del científico al aula. Pistas para pensar*, pp. 167-173. Montevideo: FUM-TEP/Fondo Editorial QUEDUCA.
- GÓMEZ GALINDO, Alma Adrianna (2005): "La construcción de un modelo de ser vivo en la escuela primaria: una visión escalar". Tesis doctoral. En línea: <http://ddd.uab.cat/pub/tesis/2005/tdx-0809106-121708/aagg1de2.pdf>
- GÓMEZ GALINDO, Alma Adrianna; SANMARTÍ, Neus; PUJOL, Rosa María (2007): "Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria" en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 25, Nº 3, pp. 325-340. En línea: www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/87930/216420
- GONZÁLEZ GALLI, Leonardo (2010): "¿Qué ciencia enseñar?" (Cap. 3) en E. Meinardi; L. González Galli; A. Revel Chion; M. V. Plaza: *Educación en ciencias*. Buenos Aires: Ed. Paidós. Colección: Voces de la Educación
- IZQUIERDO, Mercè (2005): "Nuevos contenidos para una nueva época. Aportaciones de la Didáctica de las Ciencias al diseño de las nuevas 'Ciencias para la ciudadanía'" en *Anais do XVI SNEF 2005*. Sociedade Brasileira de Física. En línea: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/Nuevoscontenidosmerce.pdf>
- IZQUIERDO, Mercè (2006): "Por una enseñanza de las ciencias fundamentada en valores humanos" en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, Vol. 11, Nº 30, pp. 867-882. En línea: <http://www.redalyc.org/pdf/140/14003008.pdf>
- IZQUIERDO, Mercè (2007): "Enseñar ciencias, una nueva ciencia" en *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, Nº 6, pp. 125-138. En línea: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2313295>
- IZQUIERDO, Mercè; SANMARTÍ, Neus; ESPINET, Mariona (1999): "Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales" en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 17, Nº 1, pp. 45-59. En línea: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v17n1p45.pdf>
- JUSTI, Rosaría (2006): "La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos" en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 24, Nº 2, pp. 173-184. En línea: http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/medio_superior/SEIEM/1a/01/00/02_material/1a_generacion/mod8/archivos/Justi,%202006.pdf
- LOMBARDI, Olimpia (1998): "La noción de modelo en ciencias" en *Educación en ciencias*, Vol. 2, Nº 4, pp. 5-13. En línea: http://descargas-api.educ.ar/repositorio/Download/file?file_id=4d586072-7a07-11e1-82bc-ed15e3c494af
- LOMBARDI, Olimpia (2011): "Los modelos como mediadores entre teoría y realidad" (Cap. 4) en L. Galagovsky (coord.): *Didáctica de las Ciencias Naturales. El caso de los modelos científicos*. Buenos Aires: Lugar Editorial. Colección Nuevos Paradigmas.
- PAZ, Vilma A.; MÁRQUEZ, Conxita; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2008): "Análisis de una actividad científica escolar diseñada para enseñar qué hacen los científicos y la función de nutrición en el modelo de ser vivo" en *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, Vol. 4, Nº 2 (julio-diciembre), pp. 11-27. En línea: <http://www.redalyc.org/pdf/1341/134112597002.pdf>
- PUJOL, Rosa María (2003): *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Ed. Síntesis.