



*Fotografías Wilson Celis Ariza
Licenciado en Biología.
Especialista en enseñanza de la Biología UPN*

CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SER VIVO: ANÁLISIS MICRO Y SECUENCIAL DE LAS INTERACCIONES EN PEQUEÑOS GRUPOS

Being alive model building: micro analysis and sequential interactions in small groups

Fecha de recepción: 31 de agosto de 2014
 Fecha de aprobación: 27 de noviembre de 2014

Silvia Lizette Ramos de Robles¹
 Mariona Espinet²

Resumen:

Se analizan los procesos de modelización desarrollados por tres equipos de estudiantes -futuros profesores de ciencias- mientras construyen el modelo teórico escolar de ser vivo a partir de un experimento sobre germinación. Los datos provienen de videgrabaciones de las interacciones de cada equipo, las cuales fueron transcritas y desagregadas analíticamente por episodios considerando los planteamientos del análisis conversacional. Posteriormente realizamos un análisis micro y secuencial de los episodios utilizando como marco de referencia, el modelo teórico escolar de ser vivo y sus componentes, el cual fue representado de manera gráfica en un instrumento que permite visualizar la evolución de los procesos de modelización (entidades del modelo identificadas, tipo de relaciones que establecen entre ellas, ...) y de las acciones discursivas implementadas por cada equipo durante la interacción. Los resultados permiten identificar la construcción de tres modelos diferentes, con distintos grados de complejidad y completitud. Dos equipos se quedan más en la identificación y descripción de las entidades que componen el modelo y el establecimiento de relaciones simples entre ellas y sólo uno estudia el modelo a partir de la formulación de hipótesis, el contraste de evidencias y el análisis de los errores, logrando establecer más rela-

ciones causa efecto entre las entidades. Concluimos que la forma en que cada equipo aprovechó sus experiencias individuales y colectivas y afrontó las tensiones generadas durante la interacción, explica la diversidad de acciones discursivas implementadas y a su vez ratifica el aprendizaje de la ciencia como una práctica social y distribuida.

Palabras clave

Modelización científica, análisis de la interacción, modelo de ser vivo

Abstract:

This contribution aims at analyzing the modeling processes developed within three groups of prospective primary science teachers who were building the theoretical school model of living beings through a laboratory activity on seed germination. Students' interactions were videotaped, transcribed, and analyzed through a disaggregation process based on conversational analysis. A micro analysis was conducted to identify sequential episodes based on the categories of the theoretical school model of living beings. An instrument was developed to visualize the components of the model, the evolution of the modeling processes and the discursive actions implemented within each group of

1 Universidad de Guadalajara. México. Correo electrónico: lramos@cucba.udg.mx

2 Universidad Autónoma de Barcelona. España. Correo electrónico: mariona.espinet@uab.cat

students. The results indicate that three different models were constructed having different degrees of complexity and completeness. Two groups of students focused their interactions on the identification and description of entities, and the establishment of simple relationships among them. The third group of students approached the building of the model by formulating hypothesis, contrasting evidences and analyzing the errors so that they were able to establish more causal relationships among the entities. We conclude that the way each group used students' individual and collective experiences as well as confronted the tensions generated through interaction explain the diversity of implemented discursive actions. These results support the idea that science learning is a social and distributed practice.

Keywords

Scientific modelling, interaction analysis, model of living beings.

Intruducción

Desde hace varias décadas la línea de investigación relacionada con modelos y modelización científica escolar se ha logrado posicionar dentro del campo de la didáctica de las ciencias. Desde la publicación de la primera edición del *International Handbook of Science Education* aparece un capítulo en el cual Gilbert and Boutler (1998), analizan de manera detallada los trabajos realizados en esta línea y plantean que, de manera general existía un consenso en la comunidad de investigadores en torno al concepto de modelo. No obstante en el *Second International Handbook of Science Education*, esta visión cambia dado que de acuerdo con Espinet, et al. (2012) existen debates dentro de las comunidades científicas y epistemológicas a cerca del significado y la amplitud del concepto de "modelo". El único punto de acuerdo consiste en reconocer que un modelo es un sustituto del sistema real que está siendo estudiado y sirven como facilitadores para la comprensión del mundo real.

De acuerdo con Sensevy, et al. (2008) la polisemia del concepto de modelo se debe a las relaciones que se pueden establecer con las visiones que se tienen de la ciencia y de la actividad científica. De acuerdo con la revisión y el rescate realizado por Adúriz e Izquierdo (2009) y Espinet et al. (2012), podemos interpretar las conceptualizaciones y roles asignados al modelo desde tres grandes tradiciones filosóficas presentes a lo largo de la historia:

a) el *positivismo lógico* a mediados del siglo XX, desde el cual se postula el lugar protagónico de las teorías (*theory-based view*); b) posteriormente aparecen las visiones correspondientes a la *nueva filosofía de la ciencia* en donde la influencia de Kuhn, entiende el modelo como un constructo ejemplar: un modelo dentro de un caso particular de una determinada disciplina; c) finalmente la *concepción semántica* de los años setenta y ochenta la cual enfatiza en el significado de las teorías más que en su sintaxis, su forma o estructura. Aquí los modelos son los constructos centrales para pensar acerca de la ciencia y constituyen la parte aplicativa de una teoría. Estos planteamientos constituyen la base de la visión modeloteórica (*model-based view*) y a su vez dicha visión es la que orienta nuestro trabajo de investigación.

El mayor reto que enfrenta la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias basado en modelos (visión modeloteórica) consiste en el paso de la teoría a la realidad, del mundo de los modelos al mundo de la experiencia. Con base en la literatura desarrollada en torno a esta visión podríamos en términos generales decir que, la modelización es la acción de construir modelos a través de un constante ir y venir entre el mundo físico y las abstracciones que permiten representarlo de la manera más comprensible y retomando sus elementos esenciales. Según Develaki (2007), la modelización de los objetos está basada en la abstracción e idealización de propiedades específicas de dichos objetos; de igual manera si nos referimos a la modelización de estructuras o comportamientos de sistemas de objetos también se recurre a la idealización de sus interacciones. Desde un marco epistemológico Sensevy et al. (2008), plantean la modelización como la serie de relaciones sistémicas que se desarrollan a través de la interacción entre dos mundos: el *mundo de la experiencia*, de los objetos y acontecimientos del ámbito material y el *mundo de las teorías y modelos*, referido a los aspectos teóricos y a modelos de las situaciones materiales estudiadas.

Bajo este planteamiento identificamos el proceso de modelización científica escolar como una dinámica constante de creación de modelos teóricos, que implica la reconstrucción de un hecho del mundo en un hecho científico (Izquierdo y Adúriz, 2001), este proceso concibe el mundo material como un sistema dinámico y de componentes causales (Márquez et al., 2006). En este proceso de modelización, la experimentación constituye una de las mejores estrategias para establecer vínculos y relaciones entre el mundo material y el de las ideas, entre lo concreto y lo abstracto. En este sentido, implementar prácticas de modelización científica escolares permite promover el desarrollo de habilidades y competencias básicas del aprendizaje de las ciencias, lo cual de acuerdo con Gómez

(2013) tiene que ver con aprender a pensar-comunicar-actuar, aprender a valorar y re-construir las ideas para comunicarlas usando diversos soportes semióticos.

Dentro de este marco nuestra investigación tuvo como propósito general el identificar de manera detallada de los procesos de modelización que implementan pequeños grupos de estudiantes al construir el modelo escolar de ser vivo a partir del diseño de una actividad experimental en la cual el contenido de estudio es la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas. El análisis de la construcción del modelo de ser vivo ha sido objeto de estudio de distintos investigadores, los cuales lo han abordado desde distintos aspectos básicos que lo constituye como son *relación, reproducción y nutrición* (García, 2005), su constitución por una o muchas unidades estructural-funcionales llamadas células (Gómez, 2005), procesos como la nutrición (Pujol, 2003; Paz, *et al.* 2008) la germinación y el crecimiento (Ramos, 2010). Todos ellos reconocen que el propósito principal de estudiar el modelo de ser vivo en la escuela es el de pensar la vida como un fenómeno complejo y dominar estructuras de conceptos y maneras de comprender que expliquen la complejidad. Dentro del estudio de los seres vivos no podemos ir en la búsqueda de explicaciones definidas y cerradas; sino que debemos habituarnos a recorrer círculos más o menos largos de explicaciones parciales que tienen un sentido propio en la medida en que son circulares. (Arcá, 2001).

Nuestra investigación analiza los modelos que llegan a construir los futuros docentes de ciencias a partir de las interacción en pequeños grupos de trabajo en ausencia del profesor, orientados solamente por una hoja de actividad y basados en la experiencia de haber realizado un experimento individual el cual consistió en hacer germinar unas semillas bajo las estrategias de consideraran pertinentes. Nuestro objeto de estudio y de análisis estuvo constituido por las interacciones cara a cara desarrolladas al interior de tres grupos de estudiantes a lo largo de la actividad. Para orientar nuestras observaciones partimos de las siguientes preguntas:

- ¿Cómo evolucionan los procesos de modelización científica a través de la interacción, mientras los estudiantes construyen el modelo de ser vivo?
- ¿Qué acciones discursivas dan cuenta y caracterizan dicha evolución?
- ¿Qué modelo de ser vivo llegan a consensuar y construir?

Diseño de la investigación y perspectiva metodológica

La actividad analizada es parte de una secuencia didáctica cuya finalidad fue estudiar y construir el modelo teórico escolar de ser vivo, a través de la actividad experimental de la germinación de semillas. Dicha actividad es parte del curso de didáctica de las ciencias impartido dentro de la formación inicial de los futuros profesores de ciencias en la Universidad Autónoma de Barcelona. Para su desarrollo primero se entregaron 5 semillas de judías a cada estudiante para que en 15 días y en un contexto cotidiano trataran de hacerlas germinar, posteriormente los estudiantes organizados en pequeños grupos en el laboratorio escolar, comparten sus resultados e indagan los elementos esenciales para la germinación y el crecimiento a partir de dos preguntas principales: ¿Cómo puedo comparar las diferentes semillas?, ¿Cuáles son los factores esenciales para la germinación de las semillas y para el crecimiento de las plantas?

Dado que nuestro punto de interés fueron las interacciones desarrolladas por los estudiantes, nuestros datos provienen de la sesión desarrollada en el laboratorio cuya duración fue de 1 hora y 5 minutos. Se videograbaron 6 equipos y se seleccionaron 3 para realizar las transcripciones, utilizando la simbología básica propuesta por el análisis conversacional. Los textos de las transcripciones fueron divididos en pequeños episodios para realizar un microanálisis de la interacción (Drew y Heritage, 1992). Dicha desagregación analítica considera que: a) cada episodio representa un eslabón de una cadena; b) cada episodio es un producto y un preámbulo de dicha cadena, y c) cada episodio sólo cobrará su significado pleno si se interpreta en y desde la totalidad a la que pertenece. Para realizar la división recurrimos a la identificación de acciones discursivas las cuales definimos como todas aquellas manifestaciones del discurso a través de las cuales los estudiantes ejercen sus posibilidades de hacer (su agencia) para el logro de una meta específica (Ramos y Espinet, 2013). Por tanto, en el caso aquí analizado, las acciones discursivas están relacionadas con la construcción del modelo de ser vivo a partir de las dos preguntas generadoras antes mencionadas. Las acciones discursivas describen la modelización científica escolar implementada por los estudiantes.

El marco de referencia de dichas acciones discursivas retoma los planteamientos modelo teórico escolar de ser vivo (contenido: germinación) propuesto por Espinet y Pujol (2004) y Pujol (2003), que representa al ser vivo

como un sistema abierto que intercambia materia, energía e información con el ambiente que le rodea (ver figura 1). Un sistema complejo formado por un gran número de entidades interconectadas cuyo conjunto es mucho más

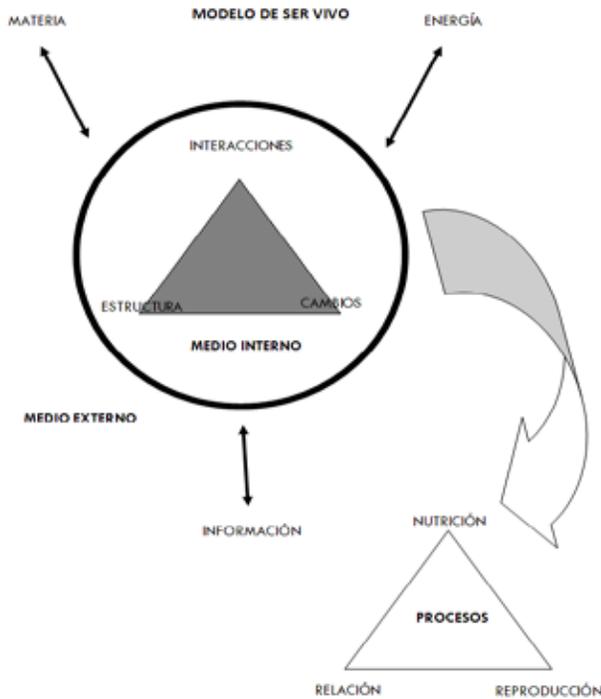


Figura 1. Representación del modelo escolar de ser vivo (Espinet y Pujol, 2014; Pujol, 2003)

A partir de la complejidad del sistema y considerando la cantidad de entidades que lo integran y se interrelacionan, establecimos dos grandes dimensiones que orientaron nuestro análisis: completitud y complejidad. La completitud hace referencia al número de entidades (medio interno y medio externo) identificadas, es decir, que se hacen presentes en el discurso de los estudiantes. Por su parte, la complejidad, denota el número y el tipo de relaciones (simples y causales) que se llegan a establecer entre dichas entidades.

Asimismo se consideraron como acciones discursivas las formas de interacción a través de las cuales los estudiantes fueron construyendo las explicaciones y generalizaciones sobre los factores esenciales de la germinación y del crecimiento a partir de la identificación y las relaciones que los estudiantes establecen entre las entidades, sus propiedades y sus relaciones. Por ejemplo algunas acciones discursivas fueron: *identificar entidades y condiciones del diseño experimental, describir características de las entidades, clasificar resultados con base en los cambios estructurales de las semillas y las plantas a partir de las relaciones entre el medio interno y externo, entre otras.*

Como apoyo al análisis micro y secuencial de la interacción diseñamos un instrumento que nos permitió pasar de la transcripción de las interacciones a su representación gráfica. Dicho instrumento nos permitió capturar las entidades del medio interno y externo que los estudiantes logran identificar así como las relaciones que van estableciendo entre ellas para la construcción del modelo de ser vivo. Como ejemplo de dicho instrumento, analizaremos las interacciones desarrolladas por el Equipo 1 las cuales corresponden al episodio 7. Primero presentamos la transcripción del episodio, luego su representación gráfica y finalmente la simbología utilizada y su significado. Las interacciones del episodio 7 del Equipo 1 estuvieron centradas en la clasificación de los diversos resultados que obtuvieron de sus experimentos, con ello pudieron identificar uno de los factores esenciales (agua) y elaborar sus primeras explicaciones. Veamos cómo se desarrolló la interacción en este episodio:

Episodio 7, parte 1	Episodio 7 parte 2
<p>A1: <i>total ahí están todas listas [¿](.)</i> A5: <i>tenemos las que están totalmente cerradas</i> A2: <i>vamos a poner las que han crecido</i> A3: <i>la de:l serrín_</i> A5: <i>luego están estas que no:_</i> A2: <i>hombre éstas?</i> ((comienzan a tomar todos los recipientes y a observar cada una)) <i>están crecida eh :(.) que tiene raíz y todo.</i> A5: <i>éstas están abiertas\</i> A4: ((toma dos frascos y los pone al centro)) <i>estás también</i> ((hacen una clasificación: las que crecieron y las que no)) A2: <i>como esta: _</i> A1: <i>he perdido uno.</i> A1: <i>=ésta también.</i> A1: <i>y luego está:n-</i> A2: <i>nuestros fracasos\</i> A1: ((ríe)) <i>sí: </i> A2: <i>no vamos a lle-</i> A5: <i>=hay como tres tipos como tres tipos (.) bueno ésta también (.) para-</i> A1: <i>[están las del algodón: n las de tierra: y las del serrín\]</i> ((las separan en la mesa formando tres pequeños grupos)) A2: <i>[ahora veamos [?] ((señala cada grupo)) qué se le ha hecho aquí: qué se le ha hecho aquí qué se le ha hecho aquí, qué se le ha hecho aquí/</i> A4: <i>exacto.</i> A5: <i>[pero es que fijaos (.) porque las tres]</i> A2: <i>[y aquí: (.) ésta cómo ha estado]/</i> A5: <i>han salido pero están en- en tres cosas diferentes\</i> A4: <i>Sí.</i> A2: ((Señala una de las tres: la más grande)) <i>[oscurida:d] (.) oscuridad algodón.</i></p>	<p>A5: <i>hmm_</i> A2: <i>>tapada_</i> A5:<i>> [y agua] \</i> A2: <i>[y un poco de agua] \</i> A1: <i>y éstas (.) [cuánto- cuántos]</i> A5: <i>[bastante agua]\</i> A1: <i>>días las has tenido así/ ((se dirige a A3))</i> A3: <i>estuvieron dos días.</i> A1: <i>xxx mucho/</i> A3: <i>no, de viernes a viernes con agua (.) y de viernes-</i> A2: <i>=Cómo con agua sólo/</i> A3: <i>un un- un vaso con agua\</i> A2: <i>¿Sólo con agua?/</i> A3: <i>Sólo con agua\</i> A5: <i>claro\</i> A3: <i>[y luego: de viernes a: (.) a ayer (.) buenas (.) plantadas_</i> A5: <i>>[claro, si quieres que germinen las metes en agua _(.) para que se ablanden]\</i> A3: <i>> y estuvieron al aire libre (.) y hacía mucho frío (.) y ayer las puse al sol que le diera mucho sol\</i> A2: <i>o sea: de oscuridad nada\ y tapadas tampoco\</i> A1: <i>hombre:_</i> A2: <i>no no hay factor no no no se comprueba.</i> A4: <i>[xxxx]</i> A1: <i>no hay nada común en los tres\</i> A2: <i>no: (.) no hay nada com- agua solamente en común\</i> A1: <i>[pues ya está ya tenemos-]</i> A2: <i>[porque ella tuvo:] dos días con tope de agua\</i> A1: <i>=ya tenemos algo en común \</i> A2: <i>agua\</i> A1: <i>que primero hay (.) primero agua.</i></p>

Tabla 1. Interacciones desarrolladas por el Equipo 1, en el Episodio 7

La representación gráfica que realizamos de este episodio queda registrada en el siguiente instrumento (Tabla 2) el cual, si lo vemos de izquierda a derecha, encontramos que las primeras tres columnas concentran los principales componentes del modelo (entidades del medio interno y externo); mientras que en la cuarta columna aparece el listado de las entidades que fueron abordadas por los integrantes del equipo. A partir de la quinta columna se

van registrando, por orden de aparición en la interacción, las entidades que van nombrando los estudiantes en cada uno de los episodios, así como sus propiedades y sus relaciones. Los símbolos utilizados y el significado que les atribuimos aparecen descritos en la tabla 3. Finalmente, en la última fila de la tabla, se registra la acción discursiva que caracteriza cada episodio.

Entidades del modelo de ser vivo			Episodio 7		
Entidades	Medio Interno	Procesos	Germinación	←	
			Crecimiento	* ←	
			Respiración	←	
			Fotosíntesis	←	
			Putrefacción	←	
	Medio Externo	Materia	Soporte	*	
			Agua (humedad)	* ←	
			Aire	* ←	
			Energía	Luz	* ←
				Sol	* + C
Oscuridad			*		
Calor	Temperatura				
	Clima				
Espacio	Lugares				
	Contenedores	*			
Tiempo	Días	*			
	Semanas				
Acción Discursiva			<i>Clasificar la diversidad de resultados obtenidos: un paso para elaborar las primeras explicaciones empíricas e identificar el primer factor esencial</i>		

Tabla 2. Ejemplo de instrumento utilizado para registrar evolución de las acciones discursivas durante la modelización

La simbología utilizada para el registro de las interacciones aparece en la siguiente tabla (3).

Símbolos	Nombre	Significado
*	Presencia de la entidad	Componentes tanto del medio interno como externo que integran el modelo de ser vivo.
	Propiedades de las entidades:	
C	Cantidad (propiedad de la entidad)	Propiedad de las entidades para ser mesurables (agua, soporte, etc.)
Co	Color	Propiedad física de las entidades que se percibe visualmente
T	Tamaño	Diferencias en las dimensiones de un objeto (en este caso tamaño de las semillas o las plantas)
A	Abertura	Cambios físicos en las semillas relacionados con el proceso de germinación.
O	Olor	Impresiones en el olfato resultante del proceso de germinación y/o putrefacción de las semillas.
N	Nervaduras	Nervios que integran el tejido de las hojas.
←	Relación simple entre entidades	Asociaciones simples entre las entidades y/o entre éstas y sus propiedades.
← - -	Relación causa-efecto entre entidades	Relaciones complejas y/o sistémicas entre las entidades y/o entre éstas y sus propiedades.

Tabla 3. Símbolos y significados utilizados para representar las entidades del modelo, sus propiedades y el tipo de relaciones que se establecen entre ellas.

A partir de las transcripciones y con el apoyo de los símbolos, describiremos la interacción que se representa en la tabla 2. La primera entidad que mencionan los estudiantes en este episodio son las semillas (*) y sus características estructurales (abierta: A). Para el caso de las plantas focalizan en estructuras como raíces (*). Después hacen alusión a los tipos de soporte (*) y los contenedores (*). Posteriormente mencionan que la obscuridad (*) es un condición importante. La primera relación causa efecto que establecen es entre la cantidad de agua y la germinación. Seguida de una relación simple entre la obscuridad y la germinación. El episodio termina cuando los estudiantes identifican una relación causal entre el agua y el crecimiento, la cual se establece porque identifican que el agua es un elemento común a todos los diseños experimentales.

La interacción total desarrollada por cada uno de los Equipos fue registrada en instrumentos como este, lo cual permitió realizar un análisis micro y secuencial de las interacciones así como la evolución en la construcción del modelo a través de las acciones discursivas que fueron implementando. La representación gráfica permite de manera sencilla identificar elementos como: las entidades del modelo se abordan en cada episodio, las formas en que se van relacionando, las entidades más abordadas durante la interacción y las que causan más controversia, las entidades y los procesos en que se establecen relaciones causa-efecto, así como las acciones discursivas que van caracterizando los procesos de modelización científica.

El análisis de los datos correspondientes a los tres Equipos nos permitió identificar el proceso de modelización científica que originó la construcción del modelo teórico escolar de ser vivo para cada uno de ellos.

Resultados

Evolución del modelo teórico escolar de ser vivo: análisis micro y secuencial de 3 equipos

Para dar cuenta de la evolución en la construcción del modelo en cada uno de los Equipos, analizamos las formas de interacción en que los estudiantes fueron haciendo presentes las entidades, sus propiedades y sus relaciones así como las acciones que ponen en juego para la construcción de explicaciones en torno al fenómeno estudiado.

Construcción del modelo de ser vivo por el Equipo 1



Figura 2. Distribución de los integrantes del Equipo 1 y de los recursos materiales

Los estudiantes comienzan la construcción del modelo de ser vivo con el establecimiento de una causalidad simple entre una entidad del medio externo (tipos de soporte y su cantidad) y el proceso de crecimiento (episodio 1). A continuación se deja de lado la causalidad y comienzan a establecerse interacciones entre las entidades del medio externo: la energía de la luz y dos tipos de materia adicionales: el agua y el tipo de recipiente (*descripción de las partes del medio externo*). Se explica la presencia de un ambiente claro u oscuro para la semilla a partir de un frasco opaco o transparente y su exposición a la luz (episodio 2). Establecen la necesidad de crear un ambiente húmedo con cantidades adecuadas de soporte y de agua (*descripción de las dinámicas del medio externo*). Así las interrelaciones se presentan entre espacio (contenedor) y energía (luz), materia (algodón) y materia (agua), y al final también aparece el factor tiempo como modulador de los cambios estructurales de las semillas y las plantas. El buscar una cantidad de agua se convierte en un tema de controversia (episodio 3).

Después surge una interacción más compleja, pues implica una relación entre la materia, la energía y el espacio (episodio 4). Se trata de la conservación del agua en ausencia de luz y en un lugar cerrado (ej. un armario). Dichas relaciones forman un modelo multicausal para determinar el crecimiento de la semilla. Después de discutir el papel del agua, abordan el papel de la energía calórica, a través de dos entidades: temperatura y clima. Dichas entidades las relacionan con el proceso de transpiración. El razonamiento finalmente culmina señalando la similitud del proceso de germinación de la semilla con el de un invernadero. Lo cual plantea una analogía y aplicación del modelo para explicar otros fenómenos similares. La cantidad como propiedad importante de

entidades (soporte y agua), sigue siendo parte relevante de las relaciones causales que explican el modelo (episodio 5). Realizan un análisis detallado sobre su papel como moduladores del crecimiento. Describen que la ubicación de la semilla dentro del soporte tiene implicaciones en el crecimiento: si está muy abajo, es decir, si tiene gran cantidad de soporte encima, tendrá dificultades para crecer. Este análisis detallado de las relaciones agua-sustrato-crecimiento les permite dar cuenta de un proceso más: la putrefacción (episodio 6). Posteriormente el análisis se centra en la descripción de las características estructurales de las semillas y las plantas. Para el caso de las semillas describen propiedades tales como: abertura, color y olor. Para el caso de las plantas focalizan en estructuras como tallo y raíces. Una relación más compleja se da al final de este primer proceso discursivo (episodio 7), cuando la discusión aborda entidades del medio externo como parte del diseño: la energía (luz), el espacio (el contenedor), la materia (agua), y el tiempo. A partir de estas relaciones nuevamente focalizan en una entidad: el agua, la cual fue el factor común a todos los experimentos desarrollados y por lo tanto lo establecen como esencial para el crecimiento. Con esta generalización concluyen una primera etapa en la construcción del modelo.

Los estudiantes vuelven al establecimiento de una causalidad simple entre el agua y su papel determinante para el crecimiento. A partir de ella, el modelo se enriquece cuando surgen relaciones multicausales con multiefectos, se trata de la relación materia-energía (agua y luz) con la aparición de cambios estructurales en las plantas: nervios, tamaño de las hojas y tallo (episodio 8). Una reformulación del poder explicativo del modelo aparece cuando los estudiantes establecen la necesidad de entidades diferentes para los procesos de germinación y de crecimiento (episodio 9); el establecimiento de esta diferencia se basa en las causas y efectos que le atribuyen al factor luz. Elaboran generalizaciones en las cuales plantean que: mientras para la germinación se requieren condiciones de obscuridad y agua, para el crecimiento se necesita luz y agua.

A partir de la distinción entre los procesos de germinación y crecimiento, inician una nueva discusión en la cual vuelven a la descripción de las estructuras de las plantas. Establecen la necesidad de realizar un trasplante cuando el tamaño del contenedor llegue a impedir un crecimiento adecuado de la planta (episodio 10).

El análisis de los resultados fallidos (errores) permitió a los estudiantes abordar el proceso de putrefacción, definido a través de una relación muticausal entre entidades

del medio externo (cantidades no adecuadas de agua y de soporte). Asimismo este análisis les permite identificar la necesidad del aire como factor esencial para el proceso de respiración (episodio 11); con lo cual el modelo se enriquece al aparecer una entidad esencial del medio externo (aire) y su relación con un nuevo proceso del medio interno (respiración). Posteriormente los estudiantes focalizan en la descripción de las características estructurales de la planta pero reducen las relaciones causales entre el medio externo y medio interno (episodio 12). En la parte final surgen nuevas relaciones multicausales las primeras establecidas entre energía (sol), una propiedad de la planta (color) y un proceso (fotosíntesis). Asimismo realizan una relación simple que determina la necesidad de clorofila y de sol para explicar el color de las hojas. Recurren a la descripción del efecto de invernadero para dar cuenta de un fenómeno de crecimiento de plantas similar al que ellos realizaron; así elaboran una nueva relación que une varias entidades: espacio (lugar y contenedor), energía (sol y temperatura). Cierran parcialmente la discusión y construcción del modelo, con el recuento de las entidades esenciales para el crecimiento: aire, luz, agua y temperatura (episodio 13).

En síntesis, la construcción de dicho modelo presentó una lógica compleja que va de lo visible y macroscópico a lo menos visible como son los procesos intracelulares. El modelo de ser vivo queda representado por un ámbito interno e invisible que define sus fases (germinación y crecimiento) y procesos (respiración, fotosíntesis); y uno externo, la planta con sus partes: raíz y hojas; (cambios estructurales). Establece requerimientos diferentes para cada una de las dos fases. También contempla las características de las semillas que no han germinado y las relaciona con el proceso de putrefacción. Se ubican los factores abióticos más importantes de intercambio para la semilla: oxígeno y agua. Definen la importancia de dos entidades mediadoras: a) el lugar (recipiente y sitio); y b) el soporte. Así, el modelo queda representado en una relación dinámica y compleja entre las entidades del medio interno y externo que lo integran. Cabe señalar además que gran parte de las entidades del medio externo aparece asociada a sus propiedades (principalmente a su cantidad).

Construcción del modelo de ser vivo por el Equipo 2



Figura 3. Distribución de los integrantes del Equipo 2 y de los recursos materiales

La primera relación que se establece entre las entidades del modelo involucra los cambios en las características estructurales de las plantas (tamaños) y el tiempo transcurrido. Establecen un orden en el cual el crecimiento se manifiesta a través del tamaño de las plantas y éste a su vez queda en función de los días transcurridos desde que fueron sembradas las semillas (episodio 1). Posterior a esta relación (tiempo-cambios) incrementan la relación con el espacio (tiempo-cambios-espacio), el cual lo delimitan hacia la identificación de los distintos contenedores que se utilizaron para realizar cada uno de los diseños (episodio 2), realizan una clasificación de los contenedores tomando como base el material de que están hechos (ej. vidrio, plástico). No obstante no aparece ninguna relación causal con el proceso de crecimiento. Después de este análisis del lugar delimitado a los contenedores, amplían su relación para abordar los lugares (episodio 3) donde fueron colocados los distintos diseños (relaciones cambios-tiempo-espacio), situación que a su vez, conlleva al surgimiento de relaciones multicausales y multifactoriales.

En este momento las relaciones se establecen entre el factor luz y su cantidad (lugares con poca o mucha luz) y el crecimiento. Posteriormente se amplían las relaciones y se enfocan en la cantidad de agua y de soporte (episodio 4). Con ello el medio interno y externo quedan vinculados a través de intercambio de materia y energía y sus implicaciones en dos procesos: crecimiento y putrefacción. Hasta el momento siguen sin abordar de manera explícita el proceso de germinación, sólo recurren a descripciones en torno a la apertura de la semilla. Las relaciones medio interno-medio externo continúan (episodio 5) pero tienen características peculiares que a su vez las hacen diferentes a las que establecieron los estudiantes del Equipo 1.

Dichas diferencias radican principalmente en que mientras este equipo va estableciendo relaciones por pares de entidades (semillas-luz; semillas-putrefacción; putrefacción-crecimiento; tiempo-crecimiento, etc.) el Equipo 1 establece relaciones más complejas en el sentido de que involucran varias entidades y a su vez son de tipo causal. Las relaciones energía (luz) y crecimiento resultaron de las más controversiales, su discusión permitió que llegaran a mencionar el proceso de fotosíntesis pero sin profundizar ni establecer relaciones causales (episodio 6). Dentro de las discusiones aparecen dos nuevas entidades que a pesar de no formar parte del modelo escolar de ser vivo, este Equipo las llega a considerar como esenciales, y es caso de cuestiones de tipo actitudinal (estado de ánimo) o de algunas acciones como hablar con las plantas y cantarles (intercambio de información). En síntesis, este equipo relaciona de manera causal entidades de tipo actitudinal con el crecimiento de las plantas (episodio 7). El modelo se enriquece cuando abordan nuevas relaciones entre las entidades ya mencionadas con anterioridad (episodio 8), ello se debe a la presencia de dos lógicas explicativas del crecimiento; una que considera que todos los factores son moduladores del crecimiento y otra que establece diferencias entre factores determinantes (agua) y factores moduladores. Así surgen relaciones causales entre cantidades de agua (materia), de soporte (materia), de luz (energía) y su influencia en el crecimiento. Durante estas relaciones nombran el proceso de germinación y su relación con la cantidad de soporte, pero no se detienen a identificar alguna diferencia entre ésta y el crecimiento.

En síntesis, la cantidad se convierte en la propiedad más importante del agua, la luz y el soporte, los cuales explican el crecimiento. De manera general podemos decir que la evolución en la construcción del modelo de ser vivo de este Equipo 2, inicia ubicando al ser vivo y sus cambios en relación con el tiempo. Luego aborda su interacción primero con el espacio ocupado y después con la materia y la energía. Van estableciendo relaciones en su mayoría de pares (una entidad del medio interno y una del medio externo) y sólo por momentos llegan a elaborar relaciones multicausales. No obstante, el modelo no llega a marcar una diferencia entre la fase de germinación y la de crecimiento, ello se debe a su vez a que por momentos consideran que todos los factores tienen una función moduladora (difícilmente aceptan funciones determinantes de algunos factores). En consecuencia el modelo final resulta completo pero con un grado de complejidad mucho menor que el construido por el Equipo 1. Completo porque contempla entidades esenciales y relaciones del medio externo: espacio-tiempo-energía-materia, con el medio interno: procesos y estructuras. Pero menos complejo dado que el número de relaciones causales es menor a las establecidas por el Equipo 1. Las entidades

que componen cada relación quedaron explicadas de manera aislada, no lograron establecer las relaciones de interdependencia entre ellas, y muchas de ellas están desconectadas de las necesidades de la semilla para su germinación y crecimiento. El insistir en que las semillas crecen de todas maneras y que sólo varía la calidad del proceso de crecimiento, el no analizar las causas de los fracasos, el no llegar a delimitar las fases, etc. son algunas de las causas que limitaron la construcción de un modelo explicativo más complejo.

Construcción del modelo de ser vivo por el Equipo 3

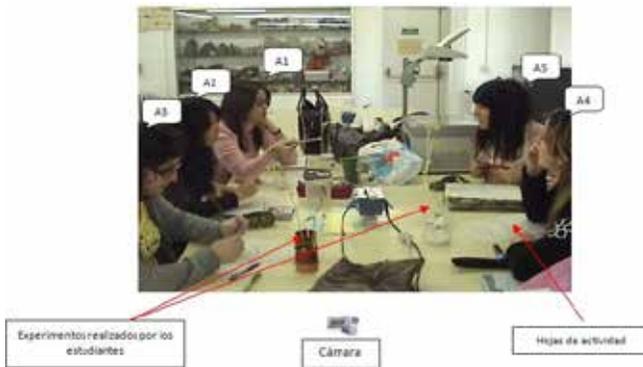


Figura 4. Distribución de los integrantes del Equipo 3 y de los recursos materiales

La forma en que este tercer equipo inicia con la construcción del modelo de ser vivo, presenta una dinámica muy peculiar al menos en los primeros momentos. Las primeras entidades abordadas pertenecen al medio interno y corresponden a las características estructurales de las plantas, tales como el color y el tamaño, de las cuales no llegan a establecer relaciones sino que se quedan en un plano descriptivo (episodio 1). En un segundo momento aparecen entidades del medio externo, tales como, tipos de soporte (materia) y tipos de contenedores (espacio) entre las cuales aparecen las primeras relaciones (episodio 2). En tercera instancia las descripciones de entidades regresan al medio interno y retoman las características estructurales de las plantas para identificar diferencias (episodio 3). En síntesis los primeros tres momentos de construcción del modelo no logran establecer relaciones entre medio interno y medio externo sino que abordan entidades de cada uno de manera separada: primero describen entidades del medio interno, después del medio externo y finalmente regresan al medio interno.

Es hasta el episodio 4 cuando el modelo se enriquece con relaciones multifactoriales que implican intercambios entre ambos medios (interno y externo). El inicio de estas relaciones parte de un análisis más detallado de las carac-

terísticas estructurales de las plantas, principalmente del color, en el cual identifican sus diversas intensidades. Esto da pauta para establecer relaciones con el medio externo a través de la energía del sol y después entre el sol y el crecimiento (estructura-energía-crecimiento). De manera alterna van mencionando otras entidades como la cantidad de agua y de soporte, no obstante éstas no forman parte de relaciones sino que sólo son mencionadas. Aparecen unas relaciones más entre pares de entidades: tiempo y crecimiento; energía (sol) y espacio (contenedor); materia (soporte) y espacio (contenedor); materia (agua) y crecimiento (episodio 5). Las relaciones abordan la necesidad de aire (materia) para el proceso de respiración. Asimismo y de manera indirecta dan cuenta del proceso de putrefacción al describir el mal olor de algunas semillas.

Posteriormente el modelo se enriquece cuando identifica la necesidad de regular la cantidad de materia para un efecto positivo de crecimiento (episodio 6). Enfatizan en dos entidades: agua y soporte. Entre estas relaciones surge además, la necesidad de regular la cantidad de energía (luz-obscuridad). En síntesis, las relaciones entre el medio interno y externo quedan establecidas entre cantidades reguladas de materia y energía y el proceso de crecimiento. A partir de estas relaciones y dado que el papel de la luz es uno de los que causa mayor controversia, el modelo profundiza en las relaciones energía crecimiento (episodio 7), abordan casos de presencia y ausencia de luz pero, dado que presentan resultados exitosos en ambas condiciones, no llegan a explicar con exactitud sus diferencias y sus causas. Al final de este episodio ratifican como factores esenciales el agua y el soporte. Por momentos, las relaciones focalizan en el medio interno al analizar los cambios en la estructura de las semillas y las plantas y su relación con el proceso de germinación y crecimiento (episodio 8). Aunque para el caso de la germinación no es mencionado como tal. Finalmente el modelo incrementa sus relaciones en la parte final de la actividad (episodio 9) cuando focalizan en la necesidad de analizar más detenidamente el papel de la luz en el proceso de crecimiento. Asimismo retoman las relaciones cantidad de agua-crecimiento y cantidad de soporte-crecimiento. Para este último, llegan a mencionar las propiedades de cierto tipo de sustratos que utilizan abono para acelerar el crecimiento (episodio 10).

En síntesis, la cantidad se convierte en una propiedad muy usada para explicar cómo el agua, el soporte, la luz y el tiempo influyen en el crecimiento. La germinación no logró identificarse como proceso; sólo describen cambios entre la apertura de la semilla y el surgimiento de las hojas y la raíz de la planta. Diferencian entre la luz como factor de crecimiento y el sol como base para lograr un color más

intenso. Vistas en conjunto estas relaciones quedaron aisladas y no llegan a conformar un cuadro completo de las interacciones entre el medio externo y el interno para dar cuenta del modelo de ser vivo. Casi todas las relaciones causales establecidas son de un factor del medio externo con uno del interno. Las dos únicas multicausales: tiempo-agua-germinación, y lugar-oscuridad y apertura de la semilla, quedan aisladas y sin llegar a complejizar el funcionamiento del modelo. En varios casos las interacciones entre elementos del medio externo: soporte-agua, soporte-luz, soporte-sol; no llegan a relacionarse con el medio interno. A pesar de que se abordaron entidades de todos los componentes del medio interno y del medio externo, así como las relaciones que llegaron a establecer, consideramos que el modelo final es menos completo y menos complejo que el Equipo 2 y en consecuencia aún menor que el Equipo 1.

Las acciones discursivas que caracterizan la modelización y el modelo construido

El análisis micro y longitudinal de los episodios permitió identificar la diversidad de acciones discursivas puestas en práctica durante la modelización desarrollada por cada Equipo. Entre las principales acciones podemos mencionar aquellas que caracterizan los primeros acercamientos al fenómeno y que se enfocan en identificar las entidades participantes y describir sus características y sus propiedades. Asimismo y conforme se avanza en el estudio del fenómeno aparecen acciones a través de las cuales, los estudiantes establecen relaciones entre dichas entidades y que conllevan a la formulación de hipótesis y la evaluación de las mismas, al uso de evidencias, de comparaciones y la clasificación de la diversidad de resultados. En algunos momentos los estudiantes concentran sus acciones en el estudio detallado de casos dentro de los cuales el análisis de los errores (experimentos fallidos) representó un aspecto de gran importancia en la construcción de un modelo de mayor nivel explicativo. Un resumen de las principales acciones discursivas que cada uno de los equipos puso en práctica durante la modelización científica aparece en la Tabla 4. En la primera columna aparece el listado de todas las acciones discursivas implementadas por los Equipos y en las columnas siguientes se registran los equipos y la frecuencia de episodios que se centraron en dichas acciones.

	Acciones de modelización científica implementadas por los equipos	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Total
Menor Complejidad	Identificar entidades y condiciones del diseño experimental	2	1	1	4
	Describir características y propiedades de las entidades	1	2	4	7
	Aceptar supuestos sin recurrir a evidencias (vía persuasión)		1		1
	Clasificar y analizar resultados de acuerdo a los cambios estructurales de las semillas y las plantas a partir de las relaciones entre medio interno y externo.	4	3	4	11
	Analizar y explicar las causas de los "errores"	1			1
Mayor Complejidad	Formular hipótesis y recurrir a evidencias para validarlas	4	1	1	6
	Generalización: Establecer los elementos esenciales para la germinación y para el crecimiento	1			1
	Total	13	8	10	31

Tabla 4. Acciones de modelización científica implementadas por los equipos y frecuencias.

Las diferencias entre los equipos son significativas y ponen de manifiesto distintos grados de complejidad en el estudio del fenómeno. Mientras algunos se quedan más en un plano de identificación y descripción de entidades (Equipos 2 y 3), otros centran sus acciones en la elaboración de hipótesis, el uso de evidencias y la búsqueda de explicaciones sobre las variaciones y semejanzas de los resultados experimentales (Equipo 1). Adicionalmente cabe señalar que aunque el Equipo 3 presenta un número mayor de acciones discursivas que el Equipo 2, su modelo final fue de menor poder explicativo, es decir, se identificaron menos entidades y se establecieron menos relaciones causales.

Un análisis del total de acciones de modelización implementadas por los tres equipos permite identificar que el mayor número se centra en la clasificación y el análisis de resultados a partir de las relaciones entre el medio interno y externo (11), seguido de la descripción de las características y propiedades de las entidades (7) y en tercer lugar se encuentran la formulación de hipótesis y el uso de evidencias (6). A pesar de que sólo el Equipo 1 logra llegar a la generalización; podemos identificar que el trabajo en pequeños grupos sin la guía directa del profesor también promueve dinámicas de modelización de gran valor en la construcción del modelo teórico.

Finalmente y una vez descritas las acciones discursivas y los procesos de modelización seguidos por cada uno de los equipos, podemos dar cuenta del tipo de modelo consensuado que llegaron a construir. A partir del registro gráfico que realizamos para cada uno de los equipos en torno a las entidades mencionadas y los tipos de relacio-

nes que se establecen entre ellas, llegamos a definir dos grandes dimensiones que sirvieron como referentes para hacer una valoración de los modelos: *completitud* y *complejidad*. Como describimos uno de los apartados anteriores (diseño de la investigación y perspectiva metodológica) la *completitud* hace referencia al número de entidades (medio interno y medio externo) identificadas y la *complejidad*, denota el número y el tipo de relaciones (simples y causales) que se llegan a establecer entre dichas entidades. En consecuencia a partir de la cantidad total

de entidades y de relaciones que los estudiantes llegan a establecer durante el proceso de modelización podemos hablar de modelos más o menos completos y de modelos con mejor o mayor grado de complejidad. Cabe señalar que, dado que nuestra finalidad no es evaluar los modelos, dichas comparaciones sólo se realizan entre Equipos y no bajo un referente de modelo ideal.

En las tablas 5, 6 y 7 presentamos un resumen de los resultados obtenidos por cada uno de los equipos.

Equipo 1			
Número total de entidades identificadas: 25			
Medio interno: 13		Medio externo: 12	
Número total de relaciones (simples y causales) establecidas: 60			
Total de Relaciones simples 18		Total de Relaciones causales 42	
a) medio interno	2	a) medio interno	1
b) medio externo	5	b) medio externo	1
c) medio interno-medio externo	11	c) medio interno-medio externo	40

Figura 7.1: Número de entidades y relaciones del modelo construido por el Equipo 1.

Equipo 2			
Número total de entidades identificadas: 21			
Medio interno: 6		Medio externo: 15	
Número total de relaciones (simples y causales) establecidas: 46			
Total de Relaciones simples 16		Total de Relaciones causales 30	
d) medio interno	2	d) medio interno	2
e) medio externo	3	e) medio externo	0
f) medio interno-medio externo	11	f) medio interno-medio externo	28

Figura 7.2: Número de entidades y relaciones del modelo construido por el Equipo 2.

Equipo 3			
Número total de entidades identificadas: 20			
Medio interno: 9		Medio externo: 11	
Número total de relaciones (simples y causales) establecidas: 33			
Total de Relaciones simples 17		Total de Relaciones causales 16	
g) medio interno	2	g) medio interno	2
h) medio externo	12	h) medio externo	0
i) medio interno-medio externo	2	i) medio interno-medio externo	14

Figura 7.3: Número de entidades y relaciones del modelo construido por el Equipo 3

Tabla 5. Número de entidades y relaciones que contiene el modelo de ser vivo construido por el Equipo 1.

Equipo 1

Número total de entidades identificadas: 25			
Medio interno:	13	Medio externo:	12
Número total de relaciones (simples y causales) establecidas: 60			
Total de Relaciones simples	18	Total de Relaciones causales	42
a) medio interno	2	a) medio interno	1
b) medio externo	5	b) medio externo	1
c) medio interno-medio externo	11	c) medio interno-medio externo	40

Figura 7.1: Número de entidades y relaciones del modelo construido por el Equipo 1.

Equipo 2

Número total de entidades identificadas: 21			
Medio interno:	6	Medio externo:	15
Número total de relaciones (simples y causales) establecidas: 46			
Total de Relaciones simples	16	Total de Relaciones causales	30
d) medio interno	2	d) medio interno	2
e) medio externo	3	e) medio externo	0
f) medio interno-medio externo	11	f) medio interno-medio externo	28

Figura 7.2: Número de entidades y relaciones del modelo construido por el Equipo 2.

Equipo 3

Número total de entidades identificadas: 20			
Medio interno:	9	Medio externo:	11
Número total de relaciones (simples y causales) establecidas: 33			
Total de Relaciones simples	17	Total de Relaciones causales	16
g) medio interno	2	g) medio interno	2
h) medio externo	12	h) medio externo	0
i) medio interno-medio externo	2	i) medio interno-medio externo	14

Figura 7.3: Número de entidades y relaciones del modelo construido por el Equipo 3

Tabla 6. Número de entidades y relaciones que contiene el modelo de ser vivo construido por el Equipo 2

Equipo 1

Número total de entidades identificadas: 25			
Medio interno: 13		Medio externo: 12	
Número total de relaciones (simples y causales) establecidas: 60			
Total de Relaciones simples 18		Total de Relaciones causales 42	
a) medio interno	2	a) medio interno	1
b) medio externo	5	b) medio externo	1
c) medio interno-medio externo	11	c) medio interno-medio externo	40

Figura 7.1: Número de entidades y relaciones del modelo construido por el Equipo 1.

Equipo 2

Número total de entidades identificadas: 21			
Medio interno: 6		Medio externo: 15	
Número total de relaciones (simples y causales) establecidas: 46			
Total de Relaciones simples 16		Total de Relaciones causales 30	
d) medio interno	2	d) medio interno	2
e) medio externo	3	e) medio externo	0
f) medio interno-medio externo	11	f) medio interno-medio externo	28

Figura 7.2: Número de entidades y relaciones del modelo construido por el Equipo 2.

Equipo 3

Número total de entidades identificadas: 20			
Medio interno: 9		Medio externo: 11	
Número total de relaciones (simples y causales) establecidas: 33			
Total de Relaciones simples 17		Total de Relaciones causales 16	
g) medio interno	2	g) medio interno	2
h) medio externo	12	h) medio externo	0
i) medio interno-medio externo	2	i) medio interno-medio externo	14

Figura 7.3: Número de entidades y relaciones del modelo construido por el Equipo 3

Tabla 7. Número de entidades y relaciones que contiene el modelo de ser vivo construido por el Equipo 3

A partir de los datos anteriores podemos hacer una representación gráfica que permita comparar dichos modelos en sus dimensiones de completitud y complejidad. Así el Equipo 1 llegó a construir el modelo más completo y complejo de los tres (Figura 5). Con un total de 26 entidades identificadas y 60 relaciones entre ellas. El Equipo 2,

llega a construir un modelo completo (21 entidades) pero no tan complejo como el Equipo 1. Por último el Equipo 3 construyó el modelo de menor completitud y complejidad de los 3. Con un total de 20 entidades identificadas y 33 relaciones entre ellas.

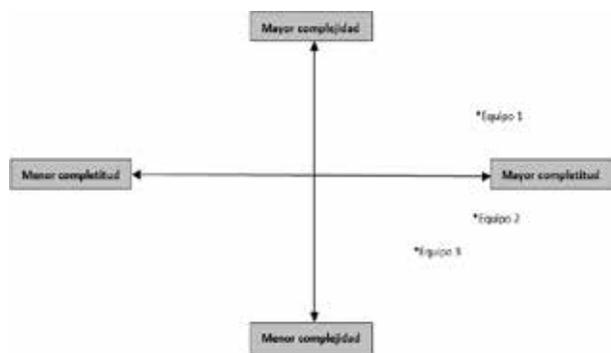


Figura 5. Representación del grado de completitud y complejidad del modelo construido.

De esta manera el análisis realizado dentro del campo de la ciencia da cuenta de la evolución de la modelización científica en tanto proceso de interacción, a través del cual se construyen significados. Dichos significados se van construyendo a través de acciones discursivas las cuales llegan a constituir procesos con dinámicas particulares para cada caso. Asimismo reconocemos que modelizar implica establecer una forma de interactuar con el fenómeno: un lenguaje cuya naturaleza es eminentemente social y colectiva. Al final todo este proceso llevará a un modelo cuyos grados de completitud y complejidad pueden variar.

Conclusiones

Las acciones discursivas presentes en cada uno de los equipos originaron procesos de modelización con dinámicas específicas, las cuales nos permitieron hacer una caracterización de las mismas. Identificamos una interrelación entre las acciones y las dinámicas de la modelización en las cuales acciones tales como describir, formular y evaluar hipótesis, clasificar y explicar variaciones experimentales llevan a dinámicas en las cuales se puede pasar de una homologación a una jerarquización en el papel de cada una de las entidades participantes en el fenómeno (esencial y no esencial), y a su resignificación. Por otra parte vemos cómo las acciones que se quedan en un plano descriptivo del fenómeno y de sus entidades difícilmente llegan a distinguir entre entidades esenciales y no esenciales (Equipos 2 y 3).

Las dinámicas de modelización del Equipo 1 presentaron un mayor dinamismo entre las entidades del mundo de la experiencia y el de las teorías y los modelos, lo cual corresponde a la dialéctica descrita por el *model based view of science education* (Sensevy et al., 2008). Este proceso les permitió llegar a establecer explicaciones para el fenómeno y algunas generalizaciones. No obstante, el diseño de la actividad experimental permitió que todos

los equipos desplegaran una serie de acciones en el estudio del fenómeno, las cuales dan cuenta de un grado distinto de modelización (construcción del modelo). Estos hechos ratifican el valor de la enseñanza de las ciencias a través de la modelización científica, la cual permite a los estudiantes empezar a explicarse cómo funciona el mundo a través de un acercamiento gradual al estudio de los fenómenos. Dicha modelización no se reduce a la memorización, manipulación y repetición de enunciados o leyes del conocimiento científico; sino que se traduce en la oportunidad para pensar y actuar sobre ciertos hechos esenciales que han sido reconstruidos teóricamente para significar todos aquellos fenómenos del entorno que presentan comportamientos análogos (Izquierdo y Adúriz, 2003; Develaki, 2007; Espinet, et al. 2012).

Asimismo se ratifica uno de los aspectos que hacen relevantes a los modelos teóricos escolares, y que consiste en su autonomía y apertura para toda la comunidad de estudiantes, así como la oportunidad de que cada escuela desarrolle su propio lenguaje, instrumentos y representaciones para facilitar el aprendizaje de los estudiantes y en consecuencia la construcción del modelo (Izquierdo, et al., 1999).

En esta actividad en específico, destacamos dos puntos de gran valor para la modelización; por una parte el experimento, el cual representó el principal recurso de aprendizaje, y por otra, el trabajo en pequeños grupos. Para el primero de ellos, la riqueza del experimento consistió en la variedad de resultados que cada uno de los equipos trajo a la clase (semillas sin germinar, plantas de tamaños distintos, etc.). Esta diversidad fue el punto clave para el desarrollo de las dinámicas de modelización, dado que el interés por explicar por qué algunas crecieron y otras no, por qué unas crecieron más que otras, por qué tienen distintos tonos de color, por qué diseños experimentales diferentes daban resultados similares o viceversa etc. condujo a la puesta en práctica de diversas estrategias de estudio.

Por otra parte, y en lo relacionado con el trabajo en equipo, hemos de destacar que la dialéctica que se produjo entre las explicaciones individuales que los estudiantes habían formulado los 15 días anteriores mientras desarrollaban el experimento y las explicaciones que fueron emergiendo de manera grupal. Los contrastes entre las explicaciones individuales y las negociaciones para buscar nuevos consensos, representó una de las mayores tensiones que condujo a la constante reconstrucción de explicaciones. La forma en que cada uno de los equipos aprovechó esta diversidad y afrontó las tensiones generadas, explica la diversidad de acciones de modelización implementadas y a su vez ratifica el aprendizaje de la ciencia como una práctica social y distribuida (Ramos, 2010).

Así logramos identificar que, las dinámicas de interacción que consolidan determinadas producciones culturales se debaten y encuentran la explicación de su origen y evolución en las capas más finas y complejas de la actividad humana. Las cuales a su vez no sólo son producto del momento y la situación, sino que dan cuenta de un capital cultural previo en cada uno de los participantes. Bourdieu y Wacquant (1992), enfatizan el vínculo entre las producciones culturales en una actividad determinada, con los capitales sociales previos que cada agente ha desarrollado siendo partícipe de otras actividades en otros espacios sociales. En los momentos de desarrollo de la actividad los estudiantes de cada equipo, implementaron acciones las cuales en su conjunto les otorgan una posición distinta en el espacio social en relación al resto de equipos: cada equipo es único gracias a la existencia de los otros que sirven de referente.

Reconocemos que la negociación y construcción de significados desarrollados en las acciones de modelización científica representan un puente fundamental para la construcción de conocimiento científico en el aula de ciencias (Warren *et al.*, 2001). Los resultados de esta investigación destacan la importancia de la actividad experimental y el contacto directo con los fenómenos en la construcción de modelos en el mundo natural. La implementación de actividades experimentales semi-abiertas en el laboratorio en pequeños grupos muestra que el conocimiento es socialmente construido y significativo individualmente. Asimismo proponemos un mayor uso del trabajo colaborativo que promueve la discusión, la valoración, el consenso y la construcción social de las ideas entre estudiantes dentro de las clases de ciencias; consideramos esto como una forma para mejorar los procesos de modelización científica escolar en los distintos niveles educativos.

Bibliografía

- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4 (Nro. Especial 1), 40-49.
- Arcá, M. (2001). Per entendre la vida. *Perspectiva Escolar*, 261, 66-71.
- Bourdieu, P., y Wacquant, L. (1992). *An Invitation to Reflexive Sociology*. Chicago: University of Chicago Press.
- Drew, P. y Heritage, J. (1992). Analyzing talk at work: An introduction. In P. Drew & J. Heritage (eds.), *Talk at work: Interaction in institutional settings* (pp.3-65). Cambridge: Cambridge University Press.
- Develaki, M. (2007). The Model-Based View of Scientific Theories and the Structuring of School Science Programmes. *Science & Education*, 16, 725-749.
- Espinet, M. y Pujol, R.M. (2004). Construir el model d'esser viu a l'escola Infantil i Primària. Aportacions dels I i II Seminari-Taller d'Educació Científica (3-10 anys). Museu de Ciència de la Fundació la Caixa de Barcelona.
- Espinet, M., Izquierdo, M., Bonil, J., Ramos, L. (2012). Te Role of Language in Modeling the Natural World: Perspectives in Science Education. In: Fraser, B.; Tobin, K.; & McRobbie, C. (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1385-1403). New York: Springer.
- García, M.P. (2005). Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra VII Congreso de Investigación en Didáctica de las Ciencias.
- Gilbert, J.K. and Boutler, C.J. (1998). Learning science through models and modeling. In: B.J. Faser & K. Tobin (Eds.) *International Handbook of Science Education*. (pp.53-66). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gómez, A. (2005). *La construcción de un modelo de ser vivo en la escuela primaria: Una visión escalar*. Tesis Doctoral: UAB. <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/4711/aagg1de2.pdf?sequence=1>
- Gómez, A. (2013). Estudio del papel de la experimentación y la mediación analógica en un proceso de modelización en la enseñanza de la biología. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. 1585-1590. Girona, España.

- Izquierdo, M., Sanmartí, N., y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A., (2001). Contributions of the cognitive model of science to didactics of science. 6th International History, Philosophy and Science Teaching Conference, Denver, USA. Noviembre de 2001.
- Izquierdo-Aymerich, M. & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12, 27-43.
- Márquez, C., Izquierdo, M., Espinet, M. (2006). Multimodal science teachers' discourse in modelling the water cycle. *Science Education* 90 (2), 202-226.
- Paz, V., Marquez, C. y Aduriz-Bravo, A. (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*. *latinoam.estud.educ.* 4(2): 11 – 27.
- Pujol, R.M. (2003). *Didáctica de las Ciencias en la Educación Primaria*. Madrid: Síntesis.
- Ramos, L. (2010). Contextos CLIL para la formación inicial del profesorado de ciencias: análisis de la interacción desde una perspectiva sociocultural. Tesis Doctoral: UAB. http://ddd.uab.cat/pub/tesis/2011/hdl_10803_4729/slrr1de1.pdf
- Ramos, L. y Espinet, M. (2013). Expanded Agency in Multilingual Science Teacher Training Classrooms. En: Mansour, N. y Wegerif, R. (eds.). *Science Education for Diversity. Theory and Practice*. (pp. 251-271). New York: Springer.
- Sensevy, G., Tiberghien, A., Santini, J., Laubé, S. y Griggs, P. (2008). An Epistemological Approach to Modeling: Cases Studies and Implications for Science Teaching. *Science Education*, 92 (3), 424-446.
- Warren, B., Ballenger, C., Ogonowski, M., Rosenbery, A.S. & Hudicourt-Barnes, J. (2001). Rethinking diversity in learning science: The logic of everyday sense-making. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 529-552.