



**Universitat Autònoma de Barcelona**

**Facultat de Ciències de la Educació  
Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les  
Ciències Experimentals**

**Tesis Doctoral**

**La construcción de un modelo de  
ser vivo en la escuela primaria: una  
visión escalar**

**Alma Adrianna Gómez Galindo**

**Directoras**

**Neus Sanmartí Puig**

**Rosa Maria Pujol Vilallonga**

Bellaterra, marzo de 2005

**A mi familia**

**Neniza, Raúl, Miguel, Pily y  
Raulito**

**..... y mucho a Raulito,  
nuestro corazón, que  
pronto estará en la escuela  
primaria aprendiendo  
sobre los seres vivos**

## Agradecimientos

Durante mi estancia en Barcelona y durante la realización de la investigación que aquí presento han sido numerosas las personas que me han apoyado y a las cuales quiero expresar mis agradecimientos:

A Neus Sanmartí y Rosa Maria Pujol por ser mis compañeras en este camino, en el que generosamente me han enseñado no solo a buscar respuestas a través de la investigación, sino a comunicarlas y sustentarlas.

A Teresa Pigrau, que me permitió trabajar a su lado en el aula compartiendo conmigo su experiencia como docente, y de quien aprendí indudablemente a ‘hacer’, y con ello a ser mejor maestra.

A los niños y las niñas de la escuela Coves d'en Cimany, por permitirme ser su maestra y aprender a su lado.

A las profesoras y profesores de la escuela Coves d'en Cimany, por su apoyo incondicional, a Avelino Carvajal, que siempre estuvo dispuesto ayudarme durante y fuera del trabajo en el aula, y quien siempre tiene una sonrisa para los niños y para los compañeros y compañeras de trabajo.

A mis profesoras quienes siempre me han inspirado con sus ideas, Mercé Izquierdo, Pilar García, Mariona Espinet y Conxita Márquez y Amparo Tusón.

A mis compañeros, con los que he discutido ‘hasta en la sopa’, las ideas, las formas y los detalles, agradezco su tiempo y su cariño a Agustín Adúriz, Marta Guillaumes, Rita Linares, Nora Bahamonde, Vilma Paz y Edelmira Badillo.

A mis compañeros de estudios, que me han apoyado con ideas, revisiones y ánimos, Andres Archer, Anna Marba, Digna Couzo, Bea Cantero, Cristian Merino, Maria Luisa Oreyana, Osacar Tamayo, Fanny Angulo y Montse Roca.

A Bego Islas y Bejamin Daza, porque siempre hicieron lo posible por hacer más fácil mi estancia en la universidad, ayudándome en los trámites, imprevistos, y demás.

A Francisco Merino, por su amorosa compañía; a mis amigas Tabita Miotto y Sandra Catherine, por su cariño y apoyo. A la familia Guillaumes, Tony, Pilar, Eva y Marta, por adoptarme en Cataluña y enseñarme lo mejor de este país.

A mi familia por estar siempre presentes y por su amor incondicional.

A Conacyt, México, por su apoyo con una beca para la realización de mis estudios de doctorado.

# Introducción

---

La motivación que me llevó a realizar un doctorado en didáctica de las ciencias fue la de unir dos áreas en las que he trabajado toda mi vida profesional: la educación y la biología. Sí, soy maestra de infantil y soy bióloga. La oportunidad de realizar este trabajo me ha permitido establecer vínculos significativos entre estas dos áreas. Para ello ha sido fundamental el apoyo de las Dras. Neus Sanmartí y Rosa María Pujol.

En esta investigación pretendemos profundizar en los procesos de construcción de modelos científicos escolares. Para ello reflexionamos en torno a tres unidades didáctica que aplicamos en la escuela primaria, las cuales tenían la finalidad de ayudar a los niños y las niñas a interpretar la perturbación de los incendios forestales, utilizando para ello el modelo de ser vivo. Esta fue una investigación-acción que nos permitió ir paulatinamente dando coherencia a teoría y práctica en relación a los procesos de modelización en el aula.

La investigación- acción dio como resultado una propuesta para trabajar los seres vivos en la escuela, que hemos llamado modelo de ser vivo complejo. En él integramos tres funciones de los seres (nutrición, relación y reproducción) y tres niveles de observación escalar (generalizaciones, mecanismos y constricciones).

Para construir esta propuesta fue importante la adaptación de la visión escalar proveniente de la ecología, para su aplicación en la ciencia escolar. En ella proponemos que las observaciones los escolares sobre los seres vivos, los organismos, las expliquen yendo a un nivel inferior de organización, los órganos y sistemas de órganos, donde se encuentran los mecanismos que dan lugar al patrón o regularidad observada, pero que estas explicaciones también incorporen el nivel superior de organización, el ecosistema, donde se encuentran las constricciones o limitaciones y facilitadores de dichos mecanismos. Esto nos permite integrar la multicausalidad en las explicaciones y dar relevancia a las relaciones que establecen los seres vivos entre ellos y con el medio.

En la tercera unidad didáctica llevamos al aula de forma más clara nuestra propuesta de modelo de ser vivo complejo. En la investigación que presentamos en este informe, analizamos el proceso de construcción del modelo ser vivo que se dio en el aula durante las actividades de esa tercera unidad didáctica, específicamente su construcción social, durante las interacciones docentes-alumnos/as. También presentamos una reflexión global de las tres unidades didácticas, con la finalidad de

explicitar el proceso de toma de decisiones y los cambios en el estado de conocimiento que llevaron a la generación de la propuesta.

Así, los datos que aquí analizamos los tomamos en el contexto de una investigación-acción, pero el reporte que presentamos, si bien da cuenta de ella, se inserta en un enfoque etnográfico de la conversación en el aula, donde pretendemos aportar elementos para profundizar en los procesos de construcción de modelos escolares en el aula.

## Organización de la memoria

Las preguntas y objetivos de investigación que nos planteamos los presentamos en el capítulo 1. *Planteamiento del problema*. Posteriormente en el capítulo 2. *Marco teórico* explicitamos nuestros referentes teóricos, estructurados en cuatro campos. Primero desarrollamos la concepción de modelo científico erudito y de modelo científico escolar a la que nos adherimos. Dado que la palabra es polisémica, es necesario puntualizar cómo la hemos utilizado en este trabajo y especialmente qué entendemos por modelización. A continuación abordamos la forma cómo algunos autores consideran que se construyen los modelos en el aula y cómo evolucionan. Continuamos mostrando diversas propuestas sobre las ideas básicas que han de considerarse al trabajar el modelo de ciencia escolar de ser vivo en las aulas. Finalmente incluimos la visión escalar desde la ecología y la idea de sistemas jerárquicamente organizados. Todo ello nos ha servido de base para plantear una propuesta de trabajo en el aula y también para plantear el análisis de los datos en este trabajo.

En el capítulo 3. *Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas*, explicamos el contexto general en el que se ha insertado esta investigación. Como ya hemos mencionado este ha sido un proceso de investigación-acción. Así en el capítulo tres relatamos los tres ciclos de investigación acción, resaltando los cambios producidos tras cada ciclo. Finalmente desarrollamos nuestra propuesta de integración escalar para la ciencia escolar, que fue uno de los resultados del desarrollo del proceso.

A continuación, en el capítulo 4. *Metodología de investigación* describimos la forma en que recompilamos los datos, provenientes de las actividades realizadas en la tercera unidad didáctica. Utilizando una metodología etnográfica y análisis del discurso, realizamos el análisis de algunas de las actividades de aula. Comentamos supuestos metodológicos de partida y las decisiones que nos llevaron, a través de cuatro etapas de análisis, a la elección de seis actividades y a su análisis interpretativo.

En el capítulo 5. *Análisis interpretativo de las actividades* realizamos el análisis del discurso de seis actividades de aula, considerando los niveles escalares de observación que hemos propuesto, el tipo de evidencias en que se apoyan las argumentaciones, resaltando el papel de una maqueta tridimensional del bosque que utilizamos como herramienta mediadora, y la función de la regulación y la docente en todo ello.

En el capítulo 6. *Análisis global* volvemos a una interpretación general del proceso de construcción del modelo ser vivo, considerando todas las actividades analizadas. Inicialmente abordamos la construcción de explicaciones jerárquicamente anidadas, en las cuales analizamos la generación de significados en cada uno de los tres niveles escalares protestos y la forma cómo se establecen relaciones entre niveles. Posteriormente la forma como las docentes contribuyen a la generación de nuevos significados, a continuación el papel de las diferentes fuentes de evidencias, especialmente el de la maqueta y a continuación la función de la regulación. Finalmente discutimos la forma en que se interpreto el fenómeno de los incendios forestales en la unidad didáctica a través del uso del modelo ser vivo y la organización global de la misma.

En el capítulo 7. Conclusiones y derivaciones de la investigación exponemos las aportaciones de este trabajo en la comprensión del proceso de modelización en el aula. Finalmente listamos la bibliografía citada a lo largo de este trabajo y en el CD que adjuntamos incluimos los anexos.

### *Recomendaciones para la lectura*

El texto que presentamos, compuesto por siete capítulos, pretende dar cuenta de un proceso de investigación que carece de la linealidad que parece le atribuimos. Con fines expositivos hemos elegido presentar la organización que describimos en párrafos anteriores. Si bien los diferentes capítulos se van sustentando en los precedentes, pueden ser leídos de forma independiente de acuerdo a los intereses personales.

El capítulo cinco, en el que hacemos el análisis interpretativo de seis actividades, es especialmente largo. Lo anterior debido a que hemos preferido exponer de la forma más clara nuestras interpretaciones para dar transparencia al proceso analítico de pasar de las observaciones a conclusiones interpretativas. Puede facilitar la lectura el hecho de que seguimos el mismo proceso metodológico en el análisis de cada una de las seis actividades e incluimos resúmenes al final de cada indicador analizado.

Finalmente resta decir que espero que usted disfrute de la lectura de este documento y pido disculpas por los errores que al escribirlo y editarlo pueda haber cometido.

# Índice

---

<b>Capítulo 1. Planteamiento del problema</b> .....	1
1.1. Preguntas de investigación.....	1
1.2. Objetivos de la investigación .....	5
<b>Capítulo 2. Marco teórico</b> .....	7
2.1. Modelos y Ciencia escolar .....	9
2.1.1. Modelos científicos eruditos .....	10
2.1.2. Modelos científicos escolares .....	19
2.2. Construcción y evolución de los modelos científicos escolares .....	23
2.2.1. Construcción de los modelos en las aulas escolares .....	24
2.2.2. Herramientas mediadoras en la construcción de modelos .....	29
2.2.3. En resumen sobre la construcción y evolución de los modelos científicos escolares.....	33
2.3. Modelo científico escolar de ser vivo .....	34
2.3.1. Diversas consideraciones en relación al modelo escolar de ser vivo .....	35
2.3.2. Las perturbaciones ambientales: Los incendios forestales .....	43
2.3.3. En resumen sobre el modelo ser vivo .....	45
2.4. Visión escalar.....	45
2.4.1. Integración escalar .....	46
2.4.2. Los sistemas jerárquicamente organizados.....	51
<b>Capítulo 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas</b> .....	59
3.1. Antecedentes .....	60
3.2. Tres ciclos de investigación – acción .....	61
3.2.1. Planteamiento inicial.....	64
3.2.2. Primer ciclo de investigación – acción .....	68
3.2.3. Segundo ciclo de investigación – acción .....	81
3.2.4. Tercer ciclo de investigación – acción.....	92
3.3. Propuesta de integración escalar para la ciencia escolar.....	98
3.3.1. Integración escalar y construcción de un modelo científico escolar .....	98
3.3.2. Integración escalar y construcción del dominio del modelo.....	100
3.3.3. Integración escalar para la generación de explicaciones causales.....	101
<b>Capítulo 4. Metodología de investigación</b> .....	107
4.1. Enfoque metodológico .....	108
4.1.1. La mirada etnográfica .....	108
4.1.2. Los contextos argumentativos .....	110

## 1. Planteamiento del problema

4.2. Contexto de obtención de los datos: Unidad didáctica ‘Los seres vivos y los incendios forestales’ .....	111
4.3. Diseño de la investigación: instrumentos de análisis y aplicación.....	114
4.3.1. Primera etapa del análisis: Definición de cintas a transcribir.....	117
4.3.2. Segunda etapa del análisis: Determinación de secuencias discursivas...	122
4.3.3. Tercera etapa del análisis: Análisis interpretativo de las actividades.....	138
4.3.4. Cuarta etapa del análisis: Análisis Global .....	148
<b>Capítulo 5. Análisis interpretativo de las actividades</b> .....	149
5.1. Actividad A ‘Construcción del esquema de orientación de ser vivo’ .....	151
5.1.1. Análisis de las explicaciones .....	152
5.1.2. Análisis de las evidencias .....	168
5.1.3. Análisis de la regulación .....	175
5.2. Actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’ .....	182
5.2.1. Análisis de las explicaciones .....	182
5.2.2. Análisis de las evidencias .....	196
5.2.3. Análisis de la regulación .....	204
5.3. Actividad E ‘Montaje de los árboles’ .....	211
5.3.1. Análisis de las explicaciones .....	211
5.3.2. Análisis de las evidencias .....	229
5.3.3. Análisis de la regulación .....	236
5.4. Actividad G ‘Simulación de un incendio’ .....	249
5.4.1. Análisis de las explicaciones .....	249
5.4.2. Análisis de las evidencias .....	269
5.4.3. Análisis de la regulación .....	279
5.5. Actividad L ‘El bosque se regenera’ .....	287
5.5.1. Análisis de las explicaciones .....	287
5.5.2. Análisis de las evidencias .....	316
5.5.3. Análisis de la regulación .....	328
5.6. Actividad M ‘Dos parcelas’ .....	338
5.6.1. Análisis de las explicaciones .....	338
5.6.2. Análisis de las evidencias .....	366
5.6.3. Análisis de la regulación .....	378
<b>Capítulo 6. Análisis global</b> .....	389
6.1. La construcción de explicaciones jerárquicamente anidadas .....	391
6.1.1. Las generalizaciones .....	393
6.1.2. Los mecanismos .....	404
6.1.3. Las constricciones .....	412
6.2. La interacción: la función docente.....	417
6.2.1. El anclaje en la visión escalar.....	418
6.2.2. El anclaje en la proyección hacia la construcción de las tres funciones.	419
6.3. Las evidencias .....	420
6.3.1. Evidencias por observación directa .....	420
6.3.2. Evidencias por otras fuentes: experiencias antecedentes y autoridad. ...	421
6.3.3. Evidencias por maqueta.....	421



6.4. La regulación .....	426
6.4.1. La regulación del lenguaje .....	426
6.4.2. La regulación de las ideas .....	427
6.4.3. La regulación de la acción .....	428
6.4.4. La regulación global .....	429
6.5. La reconstrucción del hecho a partir del modelo .....	430
<b>Cpítulo 7. Conclusiones y derivaciones de la investigación .....</b>	<b>433</b>
7.1. En relación a la generación de la unidad didáctica para promover el modelo se ser vivo desde una visión compleja .....	434
7.1.1. Respecto a las limitaciones para llevar al aula una unidad didáctica para construir un modelo de ser vivo desde una visión compleja .....	434
7.1.2. Respecto a los cambios en el estado de conocimiento de las investigadoras para la superación de las limitaciones encontradas .....	435
7.2. En relación a la construcción de significados en las interacciones docentes-alumnos/as el modelo de ser vivo desde una visión compleja.....	435
7.2.1. Respecto a los tres niveles escalares.....	436
7.2.2. Respecto a las tres funciones .....	437
7.2.3. Respecto al la maqueta como mediador y a otras fuentes de evidencias.....	438
7.2.4. Respecto al papel de las docentes en la gestión de la conversación .....	440
7.2.5. Respecto a la regulación de las ideas, del lenguaje y de la acción .....	441
7.3. En relación a la metodología de investigación .....	442
7.4. En relación a las derivaciones didácticas y para la investigación.....	443
<b>Bibliografía .....</b>	<b>445</b>
Bibliografía citada.....	445
Bibliografía del bosque mediterráneo catalán .....	447
<b>Anexos .....</b>	<b>CD</b>
Anexo I. Unidad didáctica 1	
Anexo II. Unidad didáctica 2	
Anexo III. Unidad didáctica 3	
Anexo IV. Transcripciones de las actividades	
Anexo V. Tablas de secuencias discursivas	

# Capítulo 1. Planteamiento del problema

---

1.1. Preguntas de investigación.....	1
1.2. Objetivos de la investigación.....	5

## 1.1. Preguntas de investigación

La didáctica de las ciencias tiene como finalidad identificar y resolver las cuestiones derivadas de la enseñanza de las ciencias, teniendo una doble labor. Una como actividad de investigación para elaborar conocimiento científico sobre qué y cómo enseñar. Otra, como actividad de intervención en el mundo, en la práctica de la enseñanza de las ciencias, que involucra conocimientos que van más allá de los aspectos teóricos desarrollados por la misma.

Para las participantes en esta investigación, siempre fue de sumo interés mantener un estrecho vínculo entre teoría y práctica. Por ello nos planteamos planificar y llevar al aula una unidad didáctica para favorecer un proceso de modelización con los escolares y, a la vez, analizar el proceso seguido por éstos en la construcción de nuevos significados. Al hablar de modelización valorábamos la necesidad de transferir las propuestas teóricas a una realidad compleja y variante como es el trabajo en el aula, mediante la presentación y análisis de planteamientos de trabajo realizado en condiciones naturales, que tomaran en cuenta la significatividad científica de los modelos a construir y la relevancia social de los fenómenos interpretados (Pérez, 2001).

Así mismo, nos interesaba analizar el uso en la práctica de instrumentos mediadores del aprendizaje que nos permitieran abordar fenómenos biológicos en el aula, ya que uno de los problemas para su aprendizaje es que por su complejidad y porque ocurren en un amplio rango de escalas físicas y temporales, resulta difícil no sólo observarlos directamente, sino también construir representaciones con los niños y las niñas (Buckley, 2000).

Revisando las investigaciones en didáctica, encontramos un extenso interés por los procesos de modelización, en el sentido amplio del término, y su evolución en los escolares (Duschl y Erduran, 1996; Izquierdo *et al.*, 1999; Buckley, 2000; Clement, 2000; Gilbert, 2000, 2002; Tamayo, 2001; Gutiérrez, 2004, entre otros). Específicamente en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y

## 1. Planteamiento del problema

Matemáticas de la Universidad Autónoma de Barcelona, la construcción de modelos científicos escalares es una de las líneas de investigación en desarrollo (Izquierdo *et al.* 1999; 2003; 2004; Tamayo, 2001; Garcia, 2003; Archer, Arca y Sanmartí, 2004).

Fue en ésta línea de modelización en la ciencia escolar que se insertaron nuestros intereses al plantear esta investigación; específicamente en el proceso de construcción del modelo de ser vivo en la escuela primaria. Nos atraía principalmente aproximarnos a los procesos de co-construcción del conocimiento, por lo que decidimos que un aspecto clave sería analizar el proceso de modelización en el aula desde la forma en la que se iban construyendo socialmente nuevos significados.

Al mismo tiempo, nos importaba trabajar en el aula el modelo de ser vivo enfatizando las interacciones con el medio, por lo que nos decidimos interpretar con los escolares alguna perturbación ambiental, que hoy día se consideran parte fundamental del estudio y comprensión de los sistemas (Terradas, 2001), y en las que tienen forzosamente que considerarse las interacciones entre seres vivos y su medio. La perturbación que elegimos fue la de los incendios forestales por su interés natural y social en la zona mediterránea.

Concretar nuestras ideas en la práctica requirió un proceso dinámico que involucró trabajo práctico en el aula y reflexión. Se insertó en un proceso de investigación-acción y nos llevó a generar tres unidades didácticas en las que fuimos paulatinamente incorporando nuevas formas de ver nuestra práctica en el aula, así como nuestra reflexión de la teoría y como investigadoras.

Cabe decir que el informe que presentamos no es característico de una investigación-acción. Sin embargo, sí nos pareció importante dar cuenta en este informe del proceso seguido por dos razones. La primera es que la investigación-acción es el contexto en el que tomamos los datos que aquí analizamos con la finalidad de profundizar en el conocimiento de los procesos de modelización en el aula y, por lo tanto, el marco de referencia para interpretar el análisis. La segunda razón es el hecho de que durante la investigación-acción generamos una propuesta para trabajar en el aula el modelo de ser vivo desde una *visión compleja*, en la cual consideramos tres funciones de los seres vivos (nutrición, reproducción y relación) y a la vez tres escalas de observación (generalizaciones, mecanismos y constricciones) que se integran para producir explicaciones sobre lo que les sucede cuando hay un incendio forestal. Dicha visión compleja del modelo escolar de ser vivo la incorporamos tanto en el trabajo en el aula que realizamos en la tercera unidad didáctica, como en las categorías usadas en el análisis de los datos de esta investigación.

Dado todo lo mencionado, en la investigación nos pareció relevante, en primer lugar, realizar una reflexión global del proceso seguido durante la planificación, ejecución y reflexión de las tres unidades didácticas, poniendo especial atención en describir la toma de decisiones que nos llevó a plantear un modelo escolar de ser vivo complejo. En este sentido nos preguntamos:

- ¿Cuáles son las ventajas y las limitaciones que se encuentran al llevar al aula de primaria una propuesta de construcción del modelo de ser vivo que permita interpretar lo que sucede con los seres vivos cuando hay un incendio forestal?
- ¿Cuáles son los momentos de cambio que se producen en las investigadoras, qué aspectos teóricos se incorporan o reformulan en los mismos, tanto de tipo teórico como práctico, y qué aspectos de la práctica docente se favorecen en el transcurso del desarrollo de las unidades didácticas propuestas?

Así mismo, en segundo lugar, nuestro interés investigador se centró en analizar el proceso de modelización seguido por el alumnado, con la finalidad de aportar elementos que nos permitieran comprender mejor la construcción de modelos en el aula y específicamente el modelo de ser vivo desde la visión compleja que proponíamos. Para ello nos planteamos analizar algunas actividades de la tercera unidad didáctica a partir de la propuesta que habíamos realizado que se fundamentaba en promover la construcción del modelo de ser vivo tomando en cuenta tres funciones y tres escalas de observación desde una perspectiva de multicausalidad, en la que las funciones y las escalas se vieran de una forma interrelacionada. En este sentido nos preguntamos:

- ¿Cuál es la función de los tres niveles de integración escalar que se proponen, en la construcción de nuevos significados en el modelo escolar de ser vivo?
- ¿Cómo se incorporan las tres funciones propuestas en el modelo escolar de ser vivo para generar nuevos significados en el aula?
- ¿Cómo se integran las tres funciones y las tres escalas en la construcción del modelo escolar de ser vivo en el aula?

Para abordar el conjunto de estas tres preguntas decidimos analizar las interacciones docentes-alumnos y la construcción de significados en la conversación. Todo ello a través del análisis del discurso, para ver las operaciones de construcción del conocimiento en el aula u operaciones epistémicas (Jiménez y Díaz, 2003).

En tercer lugar, nuestra investigación se relacionó con el análisis de la función mediadora durante el aprendizaje de una maqueta tridimensional del bosque. Una maqueta que, durante la unidad didáctica, fue construida y manipulada por los escolares simulando un incendio forestal y la posterior regeneración del bosque. El incendio forestal como perturbación es de difícil representación para los escolares, ya que sucede en una amplia escala temporal y espacial, y en ella se involucran multitud de variables que actúan de forma contemporánea e histórica. Por ello nos pareció que simular el incendio utilizando una maqueta tridimensional nos permitiría acercar el fenómeno a las ideas de partida de los escolares y ayudar a su evolución.

## 1. Planteamiento del problema

Durante la realización de las tres unidades didácticas parte de nuestro interés se centró en entender y optimizar el funcionamiento de la maqueta en el aula, debido a que la considerábamos una representación del modelo, y partíamos de la idea de que tanto los modelos de los escolares como sus representaciones evolucionan conjuntamente; por ello, intervenir constructivamente en la representación nos permitiría apoyar a los escolares en la construcción de sus modelos. Nos planteamos entonces, como un punto importante en la investigación, comprender el papel de la maqueta en la construcción de nuevos significados en el modelo escolar de ser vivo desde una visión compleja, ante ello nos preguntamos:

- ¿Cuál es la función de una maqueta dinámica en la construcción de los nuevos significados del modelo ser vivo al interpretar la perturbación ambiental de los incendios forestales?
- ¿Cómo se utiliza la maqueta como fuente de evidencias para interpretar a través de las ideas del modelo, el fenómeno de los incendios forestales?
- ¿Se integran otras fuentes de evidencias al manipular la maqueta, además de las derivadas de la misma maqueta, cuáles son, cuál es su papel en la construcción de nuevos significados?

De todo lo anterior nos interesó analizar el discurso y las interacciones docentes-alumnos/as profundizando en cuál era la función de las docentes y cómo se regulaban las ideas construidas. Durante las tres unidades didácticas habíamos observado la importancia del papel de los escolares, pero también de las docentes como gestoras de la conversación. Así mismo, identificamos que había un proceso de regulación constante que era necesario incluir en nuestro análisis para comprender de una forma más amplia la construcción de significados. En este sentido nuestras preguntas eran:

- ¿Cómo gestionan la conversación las docentes para promover en el aula la construcción de nuevos significados al trabajar el modelo ser vivo desde una visión compleja?
- ¿Cómo se presenta la regulación de las ideas y del lenguaje a lo largo de las actividades de la tercera unidad didáctica?

Si bien sabemos que hemos dejado de lado muchos aspectos que se relacionan con la construcción de modelos en el aula, y en concreto de la experiencia que analizamos, hemos acotado nuestras preguntas con la finalidad de profundizar en ellos. Para ello nos hemos planteado los siguientes objetivos.

## 1.2. Objetivos de la investigación

a) En relación al diseño y aplicación de la unidad didáctica:

- Diseñar y llevar al aula una unidad didáctica para promover la construcción del modelo de ser vivo desde una visión compleja y reflexionar sobre la toma de decisiones. Específicamente:
  - Identificar las limitaciones para llevar al aula una unidad didáctica que permita a los escolares interpretar los incendios forestales y promover la construcción del modelo ser vivo desde una visión compleja.
  - Caracterizar los momentos de cambio en el estado del conocimiento de las investigadoras que les permitieron la superación de las limitaciones encontradas al desarrollar en el aula una propuesta de modelo ser vivo complejo.

b) En relación al análisis de la construcción de nuevos significados, en las interacciones docentes-alumnos/as, durante el desarrollo de la unidad:

- Analizar la forma cómo se construyen nuevos significados en el modelo ser vivo desde una visión compleja, durante las interacciones docentes–alumnos/as. Específicamente:
  - Analizar cómo se construyen nuevos significados considerando tres niveles escalares y tres funciones en el modelo ser vivo, todo ello durante las interacciones docentes-alumnos/as.
  - Analizar el papel de una maqueta tridimensional dinámica en la construcción de nuevos significados en el modelo ser vivo y su uso como fuente de evidencias al interpretar el fenómeno de los incendios forestales durante la construcción de un modelo escolar de ser vivo desde una visión compleja.
  - Analizar el papel de las docentes en la gestión de la conversación en la construcción de nuevos significados en el modelo ser vivo desde una visión compleja.
  - Analizar la función de la regulación de las ideas y del lenguaje en la construcción de nuevos significados en el modelo ser vivo desde una visión compleja.

## Capítulo 2. Marco teórico

---

2.1. Modelos y Ciencia escolar .....	9
2.1.1. Modelos científicos eruditos .....	10
2.1.1.1. Estructura y características de los modelos científicos eruditos .....	12
2.1.1.2. Contexto de generación de los modelos científicos eruditos .....	15
2.1.1.3. Finalidad de los modelos científicos eruditos .....	16
2.1.1.4. En resumen sobre los modelos científicos eruditos .....	18
2.1.2. Modelos científicos escolares .....	19
2.1.2.1. Estructura y características de los modelos científicos escolares .....	20
2.1.2.2. Contexto de generación de los modelos científicos escolares .....	21
2.1.2.3. Finalidades de la construcción de los modelos científicos escolares .....	21
2.1.2.4. En resumen sobre los modelos científicos escolares .....	23
2.2. Construcción y evolución de los modelos científicos escolares .....	23
2.2.1. Construcción de los modelos en las aulas escolares .....	24
2.2.2. Herramientas mediadoras en la construcción de modelos .....	29
2.2.2.1. Mediadores analógicos .....	30
2.2.3. En resumen sobre la construcción y evolución de los modelos científicos escolares .....	33
2.3. Modelo científico escolar de ser vivo .....	34
2.3.1. Diversas consideraciones en relación al modelo escolar de ser vivo .....	35
2.3.2. Las perturbaciones ambientales: Los incendios forestales .....	43
2.3.3. En resumen sobre el modelo ser vivo .....	45
2.4. Visión escalar .....	45
2.4.1. Integración escalar .....	46
2.4.1.1. Explicaciones jerárquicamente anidadas .....	46
2.4.1.2. Herramientas para la construcción de las explicaciones jerárquicamente anidadas .....	48
2.4.1.3. Generalizaciones .....	49
2.4.1.4. Explicaciones causales .....	50
2.4.1.5. En resumen sobre la integración escalar .....	51
2.4.2. Los sistemas jerárquicamente organizados .....	51
2.4.2.1. Las entidades .....	53
2.4.2.2. Las constricciones .....	54
2.4.2.3. La comunicación .....	55
2.4.2.4. La asimetría de las entidades y la significatividad de la información .....	56
2.4.2.5. En resumen sobre los sistemas jerárquicamente organizados .....	57

## 2. Marco teórico

En este apartado desarrollamos los cuatro aspectos teóricos que sustentan este trabajo. Por una parte comentamos la consideración de que en el aula de ciencias una finalidad es la construcción por parte de los escolares de modelos científicos escolares que les permitan comprender el mundo e intervenir en él. Posteriormente exponemos los referentes sobre mediadores como herramientas que pueden ayudar a la construcción de modelos científicos escolares. A continuación, explicitamos el modelo de ser vivo en interacción con el medio. Finalmente, desarrollamos la visión escalar en los sistemas jerárquicamente organizados, la cual sirve de base para la visión escalar que hemos propuesto para abordar el modelo ser vivo en el aula.

Los referentes anteriores nos han servido de base para elaborar una propuesta para construir en el aula un modelo científico escolar ser vivo desde una visión compleja considerando de manera interrelacionada las tres funciones (nutrición, reproducción y relación) y las tres escalas de observación (generalizaciones, mecanismos y constricciones) todo ello al interpretar perturbaciones ambientales como los incendios forestales en los bosques mediterráneos.

Para exponer lo anterior hemos dividido esta sección en cuatro partes, la primera: **modelos y ciencia escolar**, en la que presentamos los modelos científicos eruditos y a continuación los modelos científicos escolares.

En la segunda sobre **construcción y evolución de los modelos científicos escolares**, realizamos algunas consideraciones teóricas, útiles para este trabajo, sobre cómo los escolares construyen los modelos científicos escolares y cómo estos pueden evolucionar, enfatizamos en las herramientas para la construcción de modelos científicos escolares, y hacemos énfasis en las herramientas mediadoras.

En la tercera sección presentamos el **modelo científico escolar de ser vivo** considerando algunas propuestas que encontramos en la bibliografía, retomando diversos aspectos de cada una que nos han servido para enriquecer el planteamiento de la propuesta para la unidad didáctica que llevamos al aula y que analizamos.

En la cuarta sección presentamos la **visión escalar** ubicándola dentro de la teoría de los sistemas jerárquicamente organizados, definimos las entidades y las constricciones como elementos básicos de dicha visión. En esta parte presentamos la propuesta de integración escalar para construir explicaciones de Pickett, Kolasa y Jones (1994). Como hemos mencionado en la introducción de este trabajo, es con base en la propuesta de estos autores que planteamos la visión escalar como herramienta en la construcción del modelo científico escolar ser vivo desde una visión compleja.



## 2.1. Modelos y Ciencia escolar

*Logical arguments are evaluated by the validity of their form, whereas empirical science is evaluated by content and meaning in the relationship between observable phenomena and conceptual constructs*

**Pickett, Kolasa y Jones**

Cuando en este documento utilizamos la palabra modelo nos referimos en concreto a los *modelos científicos escolares*. Para ubicar a los modelos científicos escolares dentro de la gama de interpretaciones de los modelos que se pueden encontrar tanto en la literatura como en la vida cotidiana (ver por ejemplo la revisión de Gallego, 2004), es necesario derivarlos desde una concepción de ciencia, en este caso desde la escuela cognitiva de ciencia. En ésta, se considera que los científicos elaboran construcciones mentales en las que imaginan cómo puede funcionar un aspecto de la realidad y cómo se puede intervenir en él.

Estas construcciones se dan en contextos específicos, con finalidades también específicas y presentan ciertas características que nos permiten llamarlas modelos científicos eruditos. De esta visión del trabajo de los y las científicas se deriva la idea de que en el aula, en la clase de ciencias, se realiza un trabajo similar, pero no igual. Es distinto en tanto las finalidades, los contextos de generación y de aplicación difieren.

En esta sección del trabajo dedicamos la primera parte a señalar las características, los contextos y las finalidades de la generación de los modelos científicos eruditos, mientras en la segunda hacemos lo mismo para los modelos científicos escolares. Para una revisión del uso de la palabra modelo en la bibliografía nos remitimos a otros trabajos (Gutiérrez 1990, 1996, 1999, 2000 y Gilbert, 2000; 2002) que han realizado esta revisión con profundidad y sistemáticamente. Sin duda la palabra ‘modelo’ es polisémica, a lo largo de este informe iremos definiendo en qué sentido la utilizamos en el mismo.

Enfocar esta investigación desde la perspectiva teórica de la actividad de las clases de ciencias vista desde la finalidad de que los estudiantes construyan modelos científicos escolares, nos lleva a asumir una forma de concebir la ciencia y, por tanto, una forma de entender e intentar llevar a la práctica su enseñanza. Hemos intentado, por tanto, explicitar nuestra posición respecto a los modelos y la modelización, especialmente en aquellos aspectos que son motivo de debate.

### 2.1.1. Modelos científicos eruditos

La propuesta de que en la actividad científica se construyen modelos científicos (que nosotros llamaremos modelos científicos eruditos o modelos teóricos eruditos), proviene de la visión cognitiva de la ciencia de diversos autores: Giere, 1992a , 1992b; Carey, 1992; Nersessian, 1992, entre otros.

En esta visión cognitiva de la ciencia se considera que los científicos/as se representan el mundo a través de las teorías, que a su vez se componen, según Giere (1992a) de familias de modelos organizados y jerarquizados<sup>1</sup>. Este autor distingue entre los contextos de representación y los de juicio en la generación y aceptación de las teorías científicas.

Para el modelo cognitivo de ciencia, las representaciones o ideas que los científicos generan, como imágenes del mundo que permiten explicar una parcela de la realidad e intervenir en ella, son vistas desde una postura *realista*; se considera que tienen un referente directo en el mundo real. La representación no es una imagen exacta, por lo que no se le atribuye el ser falsa o verdadera, sino que se ajusta al mundo en ciertos sentidos y grado. En cuanto al juicio, se postula que las teorías científicas llegan a ser aceptadas a través de un proceso natural en el que intervienen el juicio individual y la interacción social, y en este sentido la postura es *naturalista* (Giere, 1992a). Así, Giere habla de una representación realista y un juicio naturalista.

En este sentido recordamos que existen diversas propuestas sobre qué es la ciencia y cómo se genera y valida el conocimiento científico. Por ejemplo la visión naturalista puede diferenciarse de la postura tradicional y de la sociológica. Éstas se esbozan a continuación de una forma muy general con la finalidad de marcar diferencias, aunque sabemos que las divisiones son artificiales y en cada visión existen diversos matices.

Dentro de la visión *tradicional* de la ciencia las explicaciones y teorías se consideran un principio de verdad y los enunciados o ecuaciones construidas se evalúan universalmente como ciertas o falsas. Esta certeza invita a ver a la ciencia como ‘la’ forma de explicar y entender el mundo.

En esta visión tradicional las teorías son aceptadas por principios de *racionalidad*, en el que los factores sociales y la propia decisión o ‘humanidad’ del científico quedan ocultos y éste último se constituye en un ideal racional. Así, la ciencia es la forma más racional para entender el mundo y, desde esta perspectiva, la más válida. En esta visión se considera que los principios que rigen el universo están preestablecidos y la labor del científico es desvelarlos. No es posible vislumbrar una ciencia en desarrollo

---

<sup>1</sup> Los modelos teóricos a diferencia de las teorías no necesariamente contienen un núcleo axiomático o formulado matemáticamente, aunque pueden tenerlo (Izquierdo 1966, en Solsona, 1999).

dado que una vez desvelados los principios que rigen el universo no es posible entrar en controversia ya que la verdad se ha dicho. Los desacuerdos entre los científicos se abordan bajo esta perspectiva.

Otra concepción del trabajo de los científicos, que podría ubicarse al extremo opuesto de la anterior, proviene de la sociología de la ciencia, en las que se ha llegado a afirmar que las producciones científicas son totalmente dependientes del contexto. La ciencia se considera totalmente una construcción social. Los datos experimentales son una entre muchas otras fuentes que se utilizan para aceptar una teoría; los intereses profesionales, políticos y sociales tienen el mismo peso. Este tipo de explicación de la ciencia ayuda a entender los desacuerdos entre científicos, pero no explica el éxito de la tecnología.

Así, la representación realista y el juicio naturalista de la visión cognitiva nos permite demarcarla respecto a otras posturas. Además de lo anterior, considerar que los modelos científicos eruditos son el producto de *la actividad* de los científicos/as sobre el mundo, nos permite también distinguirlos de otras posturas, por ejemplo la de modelos mentales utilizados en la literatura sobre ciencias cognitivas y procesamiento de la información, en las cuales los modelos son producto de una actividad de sentido común (Gutierrez, 2001), o los modelos imaginarios propuestos por Achinstein (1989), en los que los objetos son descritos a través de una serie de suposiciones y se espera que su comportamiento sea idéntico al que se ha caracterizado, aunque no tengan un referente directo en el mundo real.

Además de estas consideraciones generales, los modelos científicos eruditos se caracterizan por su estructura, su finalidad y el contexto de su generación. La estructura de los modelos científicos eruditos es aún motivo de debate. A continuación explicitamos los elementos que consideramos de interés por su utilidad para aclarar nuestra concepción actual.

Describimos así en la siguiente sección la estructura, finalidades y contextos de generación de los modelos científicos eruditos. De forma paralela vamos ejemplificando algunas ideas utilizando el modelo científico erudito de configuración del material genético presente en las células de los seres vivos, ADN, propuesto por Watson y Crick en 1953<sup>2</sup>. Algunos de los datos de dichos recuadros provienen de Watson (1994) y Orgel (2004).

---

<sup>2</sup> Este ejemplo lo utilizamos en el trabajo de investigación previo a este informe (Gómez, 2001). Aquí lo hemos complementado con otra información y nuevas interpretaciones.

### 2.1.1.1. Estructura y características de los modelos científicos eruditos

Asumiendo que los científicos/as ante un fenómeno del mundo generan un modelo que permite explicarlo y generar predicciones, es pertinente subrayar su característica de *construcción abstracta* producto de la actividad humana. Estas construcciones contienen entidades finitas y relaciones entre dichas entidades. Las entidades y sus relaciones pueden organizarse produciendo nociones, definiciones, conceptos, generalizaciones confirmadas, leyes, hipótesis, metáforas, analogías, procesos o ecuaciones (recuadro 1).

Las proteínas guanina, citosina, adenina y timina, pueden considerarse como algunas de las entidades del modelo científico erudito de ADN de Watson y Crick.

1. Las entidades son abstractas

Las *entidades* pueden considerarse como las unidades operacionales del modelo entendidas como unidades para pensar, comunicar y actuar, son constructos conceptuales que se pueden caracterizar por su comportamiento dentro de los límites del modelo y a veces también por su estructura.

Existe controversia respecto a colocar dentro de las entidades del modelo a las herramientas tecnológicas que hacen posible la definición de las entidades operacionales y sus relaciones. Los modelos se construyen no sólo sobre las bases teóricas de otros modelos o de sus modelos antecedentes, sino gracias a los avances tecnológicos y sus aplicaciones (recuadro 2).

¿La cámara de rayos X es una entidad?  
Las fotografías con rayos X, que permitieron obtener imágenes de la molécula de ADN cristalizada fueron básica para la generación del modelo helicoidal de ADN. Para entender la forma en que se generó el modelo helicoidal es necesario comprender la importancia de las fotografías obtenidas con rayos X, convirtiéndose el instrumento y las fotografías que produce en parte del modelo mismo.

2. Los instrumentos tecnológicos pueden considerarse entidades

Las entidades han sido caracterizadas de manera diferente por autores que provienen de varios campos del conocimiento (Allen y Starr, 1982; Koestler, en Pickett, Kolasa y Jones, 1994; Ogborn *et al.*, 1998). En la sección 2.4.2.1. de este mismo capítulo, sobre sistemas jerárquicamente organizados, ahondamos en la noción de entidad desde la teoría de sistemas jerárquicamente organizados. De acuerdo a esta postura los instrumentos tecnológico no serían considerados entidades, sin embargo, dado que nos interesan los procesos de creación de los modelos, su interpretación y uso para intervenir en el mundo, y considerando que nuestra finalidad al entender los modelos científicos eruditos es la de conceptualizar y opracionalizar los modelos científicos escolares, *nos adherimos a la postura de considerar la conceptualización*

*de los instrumentos tecnológico, necesaria para interpretar otras entidades o relaciones del modelo, como entidades del modelo científico erudito.*

Las afirmaciones que se derivan de las entidades y sus relaciones no pueden ser valoradas como ciertas o falsas y no definen y explican la totalidad del funcionamiento del mundo, sino que están suscritas a las consideraciones del ámbito del modelo científico erudito. Al definir las, una serie de aspectos de la realidad o del fenómeno pueden haber sido dejados de lado, mientras que se han considerado otros. Un ejemplo expresado por Giere es el mapa de una ciudad, donde dependiendo de la finalidad se representan diferentes calles, locales, avenidas, etc. Esta elección depende tanto de las finalidades explicativas y de los modelos antecedentes, como de las herramientas tecnológicas disponibles al elaborar el modelo, que como hemos dicho es abstracto y construido socialmente (recuadro 3).

El modelo del ADN propuesto por Watson y Crick, se ajustaba a los datos experimentales que hasta el momento se tenían. Estos datos fueron, entre otros, los obtenidos de la molécula cristalizada y fotografiadas con rayos X, los descubrimientos de Chargaff sobre la relación numérica entre bases de purinas y pirimidinas, las leyes estereoquímicas, los conocimientos cristalográficos que existían en el momento y la cantidad relativa de agua presente en la molécula

3. Los modelos se ajustan a los datos antecedentes

El modelo original de ADN se ha ampliado y complementado, por ejemplo, hoy día se sabe que hay tres fuertes enlaces de hidrógeno entre la guanina y la citosina, y no dos como se había planteado en el modelo original. Por otra parte, se reconoce la necesidad de responder a otras preguntas sobre la forma cómo los genes determinan las características de los seres vivos.

4. Los modelos evolucionan

Así, los modelos científicos eruditos son construcciones en las que se toma una parte de la realidad, se abstrae, se simplifican y se analogan los diferentes elementos.

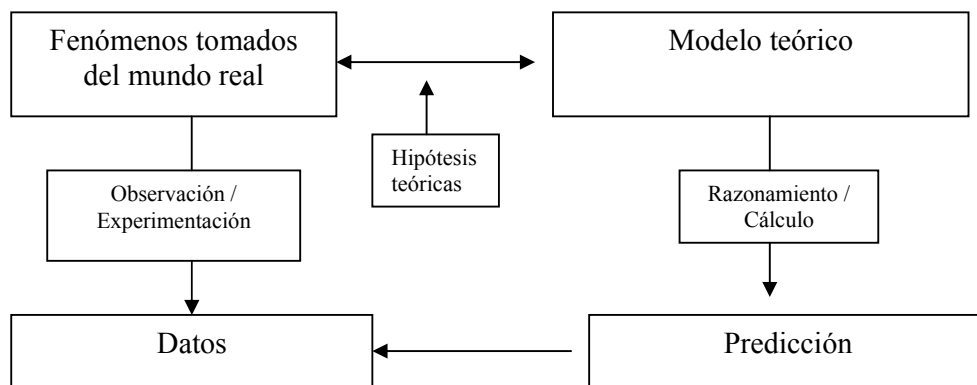
Esta posibilidad de explicar una parcela de la realidad se debe a que la relación entre el sistema de referencia en el mundo real y el modelo se establece y se delimita través de las relaciones analógicas, de similaridad (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001, Adúriz-Bravo, 2001). Estas se formulan lingüísticamente a través de las llamadas *hipótesis teóricas* (Giere, 1992).

La valoración del modelo se hace de manera indirecta, a través de comparar las predicciones generadas por éste y los datos obtenidos del sistema de referencia, tras lo cual se confirma o modifica el modelo construido. En la figura 2-1 presentamos

## 2. Marco teórico

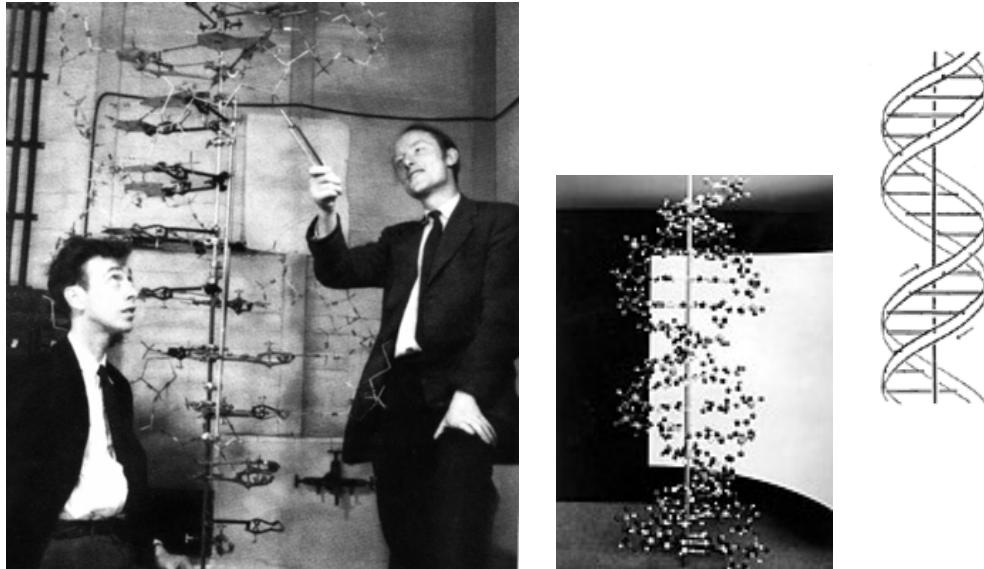
los elementos que constituyen los modelos teóricos eruditos, según Ronald Giere (1997).

Se plantea así una de las características básicas de los modelos: evolucionan o son substituidos por otros (recuadro 4). Dado que los modelos son construidos de acuerdo a datos antecedentes o contemporáneos y en función de las herramientas tecnológicas presentes, es de esperar que puedan evolucionar. Según Kuhn (2001) las teorías se modifican a través de la acumulación de anomalías, es decir, de datos experimentales que no pueden ser explicados por la teoría. Los datos experimentales nuevos provienen del avance de teorías contemporáneas que permiten plantearse nuevas preguntas, así como de los avances tecnológicos que proporcionan nuevos datos experimentales.



**Figura 2-1. Elementos que constituyen los modelos científicos eruditos y forma en que se evalúan, adaptado de Giere, 1997:30.**

Los modelos científicos eruditos no sólo se constituyen de actividad teórica y experimentación, incluyen también una actividad lingüística que tiene la finalidad de dar coherencia al pensamiento y difundir de manera inteligible el conocimiento científico (Izquierdo y Sanmartí, 2003). Dado que los modelos científicos eruditos establecen relaciones entre las entidades que no son de sencilla comunicación, se utilizan diversidad de modos comunicativos para exponer un modelo: dibujos, ecuaciones, gráficas, figuras (por ejemplo ver figura 2-2, para el modelo helicoidal de DNA).



**Figura 2-2. Diferentes representaciones del modelo de ADN, que resaltan diferentes aspectos del modelo. A la derecha Watson y Crick en el laboratorio, al centro fotografía de una representación común en los museos de ciencias y a la izquierda representación esquemática que incluyeron Watson y Crick en su carta a la revista *Nature* el 2 de abril de 1953.**

Hemos mencionado que las hipótesis teóricas que conectan modelo y realidad son relaciones de semejanza expresadas lingüísticamente (Giere, 1992a) y "exponen el grado de adecuación" de cada modelo al sistema de referencia (Adúriz-Bravo, 2001). Es decir, a través de las hipótesis teóricas los científicos delimitan el fenómeno de la realidad al cual se ajusta el modelo; fenómeno que se selecciona en función tanto a los intereses explicativos, a la disponibilidad de modelos relacionados con el fenómeno en el momento histórico y al contexto socio-histórico del propio científico.

#### **2.1.1.2. Contexto de generación de los modelos científicos eruditos**

Los modelos científicos eruditos se generan en un contexto específico que no sólo incluye un grupo de personas con una formación específica y especializada en un área de conocimiento que se han apropiado de los modelos antecedentes y contemporáneos de su especialidad, sino que se encuentran inmersas en un contexto histórico donde se plantean interrogantes valiosas, definidas como tales en función de las preocupaciones sociales, académicas y económicas (recuadro 5).

## 2. Marco teórico

El surgimiento del modelo de ADN fue muy bien recibido en su época, por dicho descubrimiento Francis Crik, James Watson y Maurice Wilkins fueron acreedores del premio novel de química en el año 1962. El modelo fue muy potente en su momento y aún hoy día es de gran actualidad y utilidad. En 1953 cuando fue desvelada la estructura de doble hélice, empezaba a darse un gran interés por parte de la comunidad científica sobre la estructura del ADN, ya que la consideraban una pieza clave por estar constituida por los genes, responsables de las características de la vida. Este interés, además, era compartido por varias áreas: genética, bioquímica y biología.

5. Los modelos se generan en un contexto en el que son valiosas las preguntas que responden

### 2.1.1.3. Finalidad de los modelos científicos eruditos

El modelo de ADN permitió que se plantearan la explicación de algunos fenómenos de gran interés, por ejemplo la duplicación de los genes por copia directa en contraposición con la duplicación por imagen complementaria, ambas teorías estaban en competencia en ese momento, dando gran impulso a la investigación en el área.

La actividad científica, desde la cual se construyen los modelos científicos eruditos pretende otorgar sentido al mundo e intervenir en él. En esta actividad de dar sentido al mundo se va más allá de la mera comprensión de los fenómenos, dado que se involucran aspectos epistémicos (del conocimiento en sí), cognitivos (de las representaciones mentales), praxeológicos (de las acciones) y semióticos (de los sistemas de signos) (Adúriz-Bravo, 2001) (recuadro 6).

6. Los modelos pretenden dar sentido al mundo

La finalidad en la construcción de modelos se relaciona también con los aspectos axiológicos que no pueden dejarse de lado. La supuesta neutralidad de la ciencia, ha quedado de lado. Actualmente se acepta que la actividad científica conlleva asociados valores que influyen tanto en la práctica como en la evaluación de la labor científica (Echeverría, 2002).

Los valores en la ciencia se citan en tres ámbitos: ético, sociopolítico y epistemológico (Izquierdo, *et al.*, 2004), en la dimensión ética estos autores se referieren a la tensión entre el interés individual y el colectivo, donde la responsabilidad resulta un valor central, la sociopolítico a la tensión entre el rol y el estatus de los científicos y el de los ciudadanos viéndose la actividad científica condicionada por el progreso social donde la equidad resulta un valor central,



finalmente la dimensión epistemológica supone aceptar que la actividad científica construye un conocimiento que es en sí mismo es un valor.

Por otra parte, la actuación se relaciona con el hecho de que los modelos generan formas de comunicar y también formas de ver e interpretar el mundo. Cuando los científicos/as utilizan un modelo científico erudito para explicar un fenómeno del mundo y se comunican con otros científicos/as a través de publicaciones, exposiciones de ideas, dibujos, esquemas, están generando *representaciones del modelo*.

Las representaciones de un modelo pueden ser variadas. Las fuentes de diversidad pueden ser, entre otras: la finalidad de la representación, los medios para comunicarla y la amplitud del consenso de la representación (recuadro 7).

El modelo tridimensional de la doble hélice realizado con piezas metálicas en el laboratorio de Cavendish de la Universidad de Cambridge en 1953, es una representación del modelo científico erudito de ADN de Watson y Crick. También son representaciones de aquel modelo los dibujos presentados en los libros de texto.

7. Para cada modelo existen diferentes representaciones

El modelo de Watson y Crick del ADN helicoidal, es un modelo teórico erudito del material genético presente en las células de los seres vivos. Así, cuando los científicos/as piensan en el ADN, recurren a las entidades y relaciones generadas por Watson y Crick, sin embargo incluyen información que han recibido de otras fuentes, sus experiencias, otros experimentos realizados, las discusiones que sobre el tema han tenido y los fenómenos del mundo que pueden explicar a partir del su modelo. Sin embargo, cuando hablamos sobre el ADN, recurrimos al modelo que hemos interiorizado y generamos representaciones con la finalidad de comunicarnos con los demás.

Respecto a la finalidad de la representación, los científicos pueden generar una para ser publicada en una revista de investigación o expuesta en una reunión de departamento, la finalidad de cada representación puede ser diferente. En la reunión de departamento se discute y pone a consideración el modelo; en la representación dirigida a la revista la finalidad es convencer de la idoneidad del mismo a la comunidad científica.

En cuanto a los medios de comunicar pueden utilizarse para ello esquemas, ecuaciones, descripciones verbales, etc. en los que se resaltan aspectos diferentes del modelo científico erudito (recuadro 8).

8. Las representaciones se generan con una finalidad

No puede dejarse de lado las finalidades relacionadas con aspectos económicos que muchas veces han determinado los programas de investigación favorecidos. Todos estos elementos hacen que la justificación en el desarrollo de programas de investigación sea compleja, y tal como hemos mencionado se relaciona con valores implicados.

Por último, sobre la amplitud del consenso, podemos identificar una variedad de modelos científicos eruditos que van desde las construcciones personales, hasta las aceptadas por toda la comunidad científica. Giere (1992a) hace un paralelismo entre las representaciones de los científicos y las de las personas en general, y dice que, al ser los científicos personas, sus representaciones no pueden ser tan radicalmente diferentes de las de las personas no científicas. Así, las representaciones de los niños y niñas serían en principio de la misma naturaleza que las de los científicos, aunque no fuesen las mismas. Este punto de vista es compartido por otros científicos del campo de la psicología cognitiva (por ejemplo Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1993).

### **2.1.1.4. En resumen sobre los modelos científicos eruditos**

El ejemplo sobre el modelo de ADN que hemos ido colocando en recuadros ilustra varias de las características que mencionamos y que consideramos relevantes sobre los modelos científicos eruditos, especialmente a vistas de la posterior caracterización de los modelos científicos escolares: El modelo surge en un momento histórico, con la finalidad de resolver una problemática de interés para la comunidad científica, en un contexto específico y bajo un sistema de valores que le condiciona.

El modelo se ajusta a los datos experimentales antecedentes provenientes de diferentes áreas y los integra dándoles nuevo sentido; permite la formulación de nuevas preguntas y, por tanto, impulsa el desarrollo del área de estudio proporcionando una mirada diferente al mismo fenómeno. El fenómeno de referencia tiene importancia científica y trascendencia social y, modelo y fenómeno vinculados por medio de las hipótesis teóricas, permiten una explicación de una parcela de la realidad a la que hacen referencia.

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

El contraste entre predicciones y datos experimentales permite confirmar o modificar el modelo construido. De estas comparaciones surgen las anomalías, que producen el rechazo o la evolución del modelo. El registro de anomalías se relaciona con el avance tecnológico y el desarrollo de otros modelos o teorías que permiten la

obtención de nuevos datos y con el sistema de valores prevaleciente. Los modelos son abstractos pero generan representaciones variadas con fines comunicativos y de resolución de problemas.

Así, los modelos científicos eruditos son construcciones donde se toma una parte de la realidad, se abstrae, se simplifican y analogan los diferentes elementos, se generan entidades y se relacionan, resultando representaciones sumamente abstractas y complejas. Puede ser por ello que ante una enseñanza transmisora, donde se intenten enseñar los modelos científicos eruditos desprovistos de los fenómenos que explican y de los contextos socio-históricos en que fueron construidos, resulte difícil para los niños y las niñas encontrar significado y utilidad a estas abstracciones. Además, la enseñanza de las ciencias como actividad científica requiere que los escolares construyan sus modelos dándoles sentido y no que aprendan las abstracciones tal cual se han generado desde la ciencia erudita, ya que sin los contextos de aplicación estas no les sirven para comprender los fenómenos ni intervenir desde nuevas formas de ‘ver’ el mundo, es decir, no ayudan a su desarrollo personal.

### **2.1.2. Modelos científicos escolares**

Es aceptado que la forma como los niños y las niñas explican los fenómenos del mundo real dista mucho de la forma utilizada por los científicos; hablamos de conocimiento de sentido común para los primeros y de un conocimiento científico para los segundos (Duschl, 1997). Al inicio de las investigaciones sobre ideas previas o alternativas de los niños y las niñas, se aludía a una aparente falla en el sistema educativo; actualmente se sabe que ellos y ellas tienen sus propios modelos explicativos construidos al margen de la escuela que compiten con los enseñados en ésta, y se reconoce la dificultad para substituirlos por los modelos científicos o para enseñar a los niños y las niñas a usarlos en contextos específicos (Driver, Guesne y Tiberghien, 1989; Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1993; Claxton, 1994; Izquierdo, *et al.* 1999 y Tamayo, 2001, entre otros<sup>3</sup>).

También se sabe que en la escuela no se enseñan y aprenden modelos científicos eruditos, sino una transformación realizada a través de un proceso de transposición didáctica. Aquí a los modelos que se construyen en el aula les llamaremos modelos científicos escolares. Para los modelos escolares, existe una amplia gama de usos del término y al parecer en cada estudio es necesario precisar el ámbito y uso de la palabra modelo. En este trabajo hacemos un paralelismo entre los modelos científicos eruditos y los modelos científicos escolares. En adelante usaremos el término ‘*modelos científicos escolares*’.

---

<sup>3</sup> Aunque algunos de estos autores no se refieren a modelos explicativos sino a ideas de los niños.

### **2.1.2.1. Estructura y características de los modelos científicos escolares**

Los modelos científicos escolares, son aquellos que se pretende construir con los niños y las niñas en las aulas de ciencias, coherentes con los modelos científicos eruditos, aunque diferentes. No se trata de una simplificación de los modelos científicos eruditos para ponerlos al alcance de los escolares, sino una construcción nueva donde se toma en cuenta tanto el contexto como las finalidades de su construcción.

En este sentido los modelos científicos escolares mantienen las características de los modelos científicos eruditos en tanto que son funcionales, es decir, sirven para explicar fenómenos del mundo; son coherentes, es decir, sus premisas no se contradicen entre sí y se adecuan a los datos experimentales y modelos antecedentes, y también son completos, es decir, tratan de explicar los diferentes aspectos de la realidad con la que se relacionan.

Sin embargo, se diferencian de aquellos en que los fenómenos a explicar son a menudo diferente y las ideas, conceptos, analogías y metáforas que contiene el modelo, en tanto han de tener sentido para los escolares, pueden estar expresadas en otro lenguaje, y con otro nivel de abstracción y, por tanto no se corresponden con las de los científicos.

Se entiende, entonces, que las entidades y las relaciones que se construyen en los modelos científicos escolares no son las mismas que las de los modelos científicos eruditos. Sin embargo, dichas entidades y relaciones son equivalentes en el sentido que son unidades operacionales para pensar, comunicar y actuar. Otra de sus características es que han de poder evolucionar hacia las entidades y relaciones establecidas en los modelos científicos eruditos, por lo que no han de crear obstáculos epistemológicos que dificulten dicha evolución.

Es entonces necesario que los escolares vinculen significativamente 'los hechos' o fenómenos del mundo con 'las ideas' o entidades y relaciones del modelo, generando así los *hechos científicos escolares*. Para que dicha relación sea significativa, tanto los hechos como las ideas han de tener sentido para los escolares, así mismo las relaciones entre ambos.

Los hechos científicos escolares son la interpretación de los fenómenos del mundo a través de las ideas del modelo científico escolar que se construye. Esta asociación se da a través de un entramado de ideas que establecen relaciones entre ellas y con la experiencia de los escolares. Los hechos así interpretados pueden dar lugar a un "hecho paradigmático" o ejemplares a los que se recurre cuando se apela al modelo (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2001).

### **2.1.2.2. Contexto de generación de los modelos científicos escolares**

Los modelos científicos escolares tienen como contexto de generación la escuela, en el que los escolares acuden con experiencias personales y conocimientos construidos en torno a ellas (Driver, Guesne y Tiberghien, 1989; Claxton, 1994). Igualmente se sabe que el estudiante es agente activo en la construcción de sus ideas y que transforma constantemente sus modelos (Gutiérrez, 1990).

A partir de lo anterior se asume al escolar como individuo activo con características propias y particulares, que han de considerarse al planificar los procesos de enseñanza aprendizaje. Por ello en la elección de los modelos a construir en el aula se consideran numerosos elementos, entre ellos la edad de los alumnos/as, sus antecedentes académicos y de vida, las condiciones socioculturales de la comunidad donde se ubica la escuela y los recursos de que se dispone, la finalidades de la enseñanza, la potencialidad explicativa del modelo para estos escolares, la relevancia social de los fenómenos a explicar y la significatividad el modelo científico erudito de referencia (Jiménez y Sanmartí, 1997; Sanmartí, 2002).

Los fenómenos a explicar en el contexto escolar pueden diferir de los fenómenos que se plantea la comunidad científica en el contexto de la ciencia erudita ya que las preguntas y los problemas a resolver también difieren de aquellos planteados en la escuela. Esto se debe a que en el contexto escolar se pretende que las preguntas y problemas a resolver sean significativos para los escolares (García y Sanmartí, 1988), y también tengan relevancia social (Pérez, 2001; Gil y Vilches, 2004). Igualmente en la escuela se busca que los escolares establezcan relaciones claras entre sus experiencias de partida, las nuevas que se presentan en el ámbito escolar y las ideas de los modelos que las explican (Sanmartí, 1996).

### **2.1.2.3. Finalidades de la construcción de los modelos científicos escolares**

La finalidad de la construcción de modelos científicos escolares no es la formar pequeños científicos sino lograr una alfabetización científica, es decir, una "ciencia para todos" (Reid y Hodson, 1993; Sáez, 1998; Gutiérrez, 2000; Marco-Stiefeled, 2000, Martins, 2004), una ciencia para comprender y participar (Martín, 2004). La alfabetización no aspira únicamente a transmitir los conocimientos acumulados y los bienes culturales, sino a crear una fuerza transformadora donde pueda respetarse la individualidad y potenciarse la equidad, solidaridad, cooperación, tolerancia y responsabilidad: valores indispensables para la educación para la diversidad y para la paz. De ahí la necesidad de hablar de una escuela no transmisora y consumidora de bienes culturales, sino creadora y transformadora.

## 2. Marco teórico

La participación en la toma de decisiones, tanto personales como de acontecimientos en debate social, que muchas veces incluyen aspectos ambientales y que generalmente están asociados también a intenciones económicas y políticas, parece cada vez más apremiante. La formación que ayuden a la toma de decisiones sustentadas y críticas, resulta relevante.

Los factores que ayudan a que una persona llegue a tener conciencia en la toma de decisiones se encuentran en discusión, se reconoce que no se logra únicamente a través del desarrollo conceptual, aunque a éste se integre una discusión en valores. Sin embargo, también se acepta que desde la escuela se puede incidir en el desarrollo de conocimientos con utilidad en el mundo, utilidad explicativa y para la toma de decisiones (Pujol, 1997, 1998, 1999).

La enseñanza de las ciencias, entonces, pretende dar la opción a las niñas y los niños de pensar, ver y actuar en el mundo desde una postura científica, de utilizar en su vida tanto los conocimientos como las herramientas derivadas de esta actividad<sup>4</sup> y en su caso, para la toma de decisiones en relación con situaciones de orden social y ambiental (Cañal, 2004). La educación científica debe entonces permitir a los niños y niñas ser críticos y considerar que su intervención en la sociedad es posible y deseable, en una perspectiva de cambio para mejorar globalmente (Pujol, 1997 y 1999).

Según Chawla (1998), un factor importante para llegar a tener una conciencia en el ámbito ambiental sería el tener oportunidad de construir significativamente nuestras experiencias, al lado de otras personas. De aquí que en la enseñanza de las ciencias no se puedan separar las concepciones a construir de los planteamientos metodológicos, como por ejemplo el aprender cooperando.

Por tanto la finalidad de construir modelos científicos escolares será la de dar herramientas a los escolares para que interpreten la variedad de hechos que se les presentan tanto en su vida diaria como en la escuela, dándoles unidad y coherencia, siendo cada vez más operacionales y rigurosos (Solsona, 1999). En este sentido una de las finalidades de la enseñanza de modelos en el aula, es que los escolares los utilicen para interpretar una variedad de fenómenos relacionados y los apliquen en diversas circunstancias, ya que de otra forma resultaría difícil que en el aula se aborden todos los problemas con los que es posible que los escolares se encuentren en el futuro. Así mismo, se pretende que los escolares doten de sentido a los conocimientos científicos, para proporcionarles autonomía al momento de pensar, hablar y decidir sobre los fenómenos del mundo (García, 2002).

La autonomía para aplicar los modelos y transferirlos a otras situaciones puede requerir del acompañamiento de procesos de regulación para ayudar a los escolares a aprender a aprender, es decir a autorregular su aprendizaje (Jorba y Sanmartí, 1994),

---

<sup>4</sup> En este sentido estamos incluyendo no sólo las herramientas procedimentales y el lenguaje, sino también el uso de la tecnología.

considerado hoy día clave del éxito en el aprendizaje escolar (Boekaerts, 1999). Para ello, se requiere el desarrollo de procesos metacognitivos, entendidos como el conocimiento, la conciencia y el control del propio aprendizaje, procesos que se sabe son aprendidos y no están determinados genéticamente (White y Mitchell, 1994; Gunstone, 1994).

En los modelos científicos escolares se pretende también que los niños y las niñas incorporen el lenguaje científico, pero dándole sentido, por lo que ha de buscarse una relación entre pensamiento, lenguaje y acción (Izquierdo, 2004b).

#### **2.1.2.4. En resumen sobre los modelos científicos escolares**

La propuesta de ciencia escolar que planteamos no se basa en el consumo de un producto elaborado y digerido (los modelos teóricos eruditos) que los escolares han de aprender, sino en la actividad de construcción de modelos científicos escolares por parte de los escolares. Estos modelos no son una simplificación de los modelos científicos eruditos sino una reelaboración que tiene como meta aquellos, pero que toma en consideración el contexto de la escuela y las finalidades de la enseñanza.

El contenido de los modelos científicos escolares, es decir las entidades y sus relaciones pueden ser distintas de los modelos científicos eruditos pero han de poder evolucionar hacia estas. El elemento común entre la ciencia erudita y la ciencia escolar sería el proceso de dar sentido al mundo mediante modelos teóricos para pensar, comunicar y actuar.

## **2.2. Construcción y evolución de los modelos científicos escolares**

*“El momento más significativo para el curso del desarrollo intelectual, que da luz a las formas más puramente humanas de la inteligencia práctica y abstracta, es cuando el lenguaje y la actividad práctica, dos líneas de desarrollo antes completamente independientes, convergen”*

**Vygotsky**

Dado que una de las finalidades de la clase de ciencias sería la de que los niños y las niñas construyan modelos científicos escolares, es evidente que una de las preocupaciones de la didáctica de las ciencias debe ser la de resolver los problemas derivados de la implementación de esta idea en las aulas.

A continuación desarrollamos algunas ideas relacionadas con la evolución de los modelos científicos escolares y algunas herramientas que pueden ayudar en este proceso, especialmente las herramientas mediadoras.

### **2.2.1. Construcción de los modelos en las aulas escolares**

Tal como hemos mencionado los modelos científicos escolares no tienen sentido sin el referente del mundo real que se pretende explicar, por lo que para considerar su evolución ha de tomarse en cuenta ambos aspectos. Existen muchas propuestas relacionadas con los atributos que han de tener los modelos científicos escolares tanto respecto a las entidades y relaciones entre ellas, como los fenómenos que han de explicar, y la forma en que han de llevarse a las aulas escolares. Al igual que los modelos científicos eruditos, podemos considerar que los modelos científicos escolares evolucionan, se debaten, se consensúan y conviven en un mismo momento varias posturas distintas. En esta línea se sitúa la propuesta de este trabajo. Uno de los objetivos de la didáctica de las ciencias es precisamente responder a la pregunta qué ciencia enseñar y, por tanto, qué modelos científicos escolares construir en el aula (Izquierdo, *et al.*, 1999; Adúriz-Bravo, 2001).

Una consecuencia de considerar que una de las finalidades de la enseñanza de las ciencias es la construcción de modelos de ciencia escolar sería guiar el diseño del currículo, bajo un principio de economía, eligiendo los modelos que estructuren mejor el conjunto de conocimiento de los alumnos, que sean útiles, creíbles, interesantes, formativos y den sentido a la experiencia del alumnado (Izquierdo, 2000),

Estos modelos científicos escolares podrían ser, por ejemplo, el modelo de 'ser vivo' (Pujol, 2003; García, 2005), el de 'cambio químico', (Izquierdo, 1997), entre otros. En su construcción podrían usarse los llamados conceptos estructurantes o metadisciplinarios, algunos de los cuales, desde una visión dialógica, serían: diversidad/regularidad, continuidad /discontinuidad, cambio/conservación, interacción/aislamiento, estabilidad/equilibrio dinámico, suma de partes/sistema y determinismo/azar (García, 1998; Sanmartí, 2000 y Bonil, 2002). Sería también deseable que los modelos capacitarán a los escolares para la acción, facilitando el aprendizaje de instrumentos teóricos, procedimentales y actitudinales, que les posibilitaran actuar de forma conciente y fundamentada (Sanmartí y Pujol, 2002).

Podemos decir que la construcción de modelos en el aula pretende generar 'formas de mirar' los fenómenos adecuadas a 'formas de mirar' desde la ciencia (Arca, Guidoni y Mazoli, 1990).

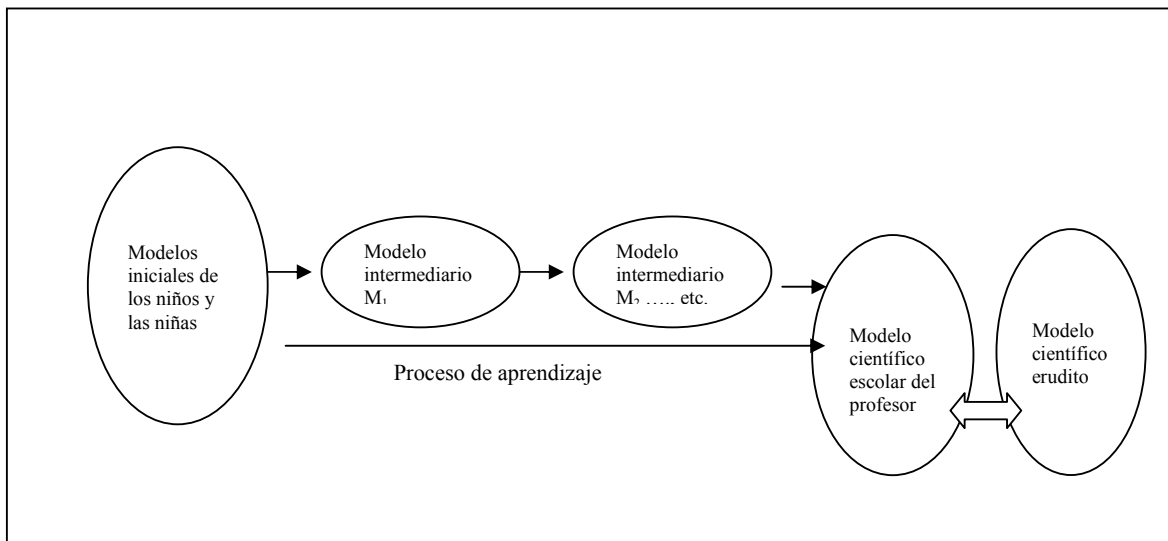


Los modelos científicos eruditos se convertirían por tanto en los referentes a los cuales se tiende a llegar en el desarrollo curricular. Para ello se tomaría en consideración las aportaciones que en didáctica se han realizado para guiar el desarrollo y evolución de las ideas de los escolares. Diversos autores han realizado propuestas de un currículo tendientes a la reorganización y desarrollo de las ideas de los escolares (Driver y Oldham, 1988). Apelan, entre otros factores, a estimular la conexión entre ideas previas y la nueva información y a la negociación de significados (Coll y Onrubia, 1995, 2001), proponiendo el desarrollo de un currículo en espiral, con una retroalimentación positiva que se sustenta en el nivel de partida de los escolares en todo momento (Cañal, 1988). Algunos autores incluyen una 'hipótesis de progresión' donde se esquematiza la evolución en espiral que ha de promoverse (García, 1999; Cañal, 2000). Si bien estas aportaciones pueden basarse en marcos teóricos que difieren en algunos aspectos, todas ellas contemplan un enfoque constructivista de la enseñanza de las ciencias. La propuesta de modelos científicos escolares es congruente con los planteamientos de progresión que realizan estos autores.

La construcción de modelos científicos escolares ha de considerarse como una finalidad y también como un proceso; por ello el trabajo en el aula se centra en la propia construcción, en las interacciones entre los escolares y con las docentes, en las herramientas usadas para comprender los fenómenos y en las formas como se va hablando y actuando en forma coherente. Este proceso es dinámico y se da a través de un transcurso recursivo, que involucra la formación, prueba y subsiguiente revisión del modelo al aplicarlo a situaciones específicas (Buckley, 2000).

Algunos autores consideran que durante la construcción de los modelos científicos escolares los escolares elaboran una serie de modelos intermediarios (Clement, 2000). Los modelos intermediarios que son modelos parciales, son funcionales y tienen correspondencia con algunos elementos del modelo científico escolar. Dentro de esta perspectiva de construcción de modelos, se parte de los modelos iniciales y se tiende a un modelo científico escolar deseado.

La representación gráfica del proceso de construcción del modelo científico escolar, a través de la subsiguiente construcción de modelos intermediarios puede observarse en la figura 2-3. Ésta es una adaptación de la propuesta de Clement (2000). Para todo modelo hemos de considerar que hacemos referencia también al fenómeno del mundo real que explica, y que el modelo no tiene sentido en si mismo, sino en función del fenómeno de referencia. En esta propuesta se parte de las ideas iniciales de los niños y las niñas, éstas se van reformulando generándose modelos intermediarios ( $M_1$ ,  $M_2$ , etc.), se pretende llegar a un modelo científico escolar que sería el modelo que el profesor considera según la edad y características de los escolares. La relación entre los modelos científicos escolares y los modelos científicos eruditos no es directa.



**Figura 2-3. Construcción de un modelo científico escolar a través de la consecutiva construcción de modelos intermediarios. Representamos los modelos con círculos considerando que, aunque no esté indicado, existe *en todo caso* un fenómeno asociado (Adaptado de Clement , 2000: 1024).**

Las características de los modelos intermediarios, las formas cómo la instrucción ha de planearse para desarrollarlos y las ventajas de su manejo, son temas de investigación en desarrollo (Buckley, 2000; Clement, 2000; Tamayo, 2001; Oliva *et al.*, 2003, entre otros).

La idea de modelo intermediario es sugerente ya que nos habla de evolución en los modelos de los escolares. La forma cómo evolucionan estos modelos es motivo de debate. Por nuestra parte nos parece que podría producirse mediante un proceso continuo de reelaboración en el que se van progresivamente organizando las ideas, incorporando algunas nuevas y se van interpretando más hechos del mundo.

Consideramos que existen diferencias entre la construcción y utilización por parte de los escolares de un conjunto de ideas aisladas y la de un modelo para interpretar un fenómeno. Según Tamayo (2001) cuando un escolar no tiene un modelo coherente y consistente que le permita explicar un fenómeno, puede utilizar un conjunto de ideas aisladas que producen que sus explicaciones sobre fenómenos sean poco diferenciadas y poco jerarquizadas, siendo sus explicaciones poco coherentes y consistentes. Por otra parte, los escolares que utilizan un modelo para interpretar un fenómeno muestran diferenciación y jerarquización en sus ideas, al mismo tiempo que cierta coherencia al interpretar un conjunto de hechos.

Por tanto consideramos un modelo como trama de ideas, diferenciándolo de un conjunto de ideas aisladas. En una trama de ideas, éstas se relacionan entre sí de forma jerarquizada y diferenciada, existen ideas subordinadas y por lo tanto otras supraordenadas. Estas ideas se relacionan con un conjunto de hechos o fenómenos

que explican, que se relación entre si precisamente porque para explicarlos utilizamos el mismo modelos teórico (que como hemos mencionado no los explica en su totalidad, sino en los atributos correspondientes). Así por ejemplo, el modelo de ciencia escolar de ser vivo que se utiliza para interpretar qué sucede con los seres vivos cuando hay un incendio, debiera servir a los escolares para explicar qué sucede con los seres vivos en otras perturbaciones ambientales, por ejemplo la construcción de carreteras, una inundación, una tormenta, etc.

Así, en la construcción de modelos científicos escolares este entramado de ideas habría de elaborarse partiendo de lo que el escolar ya conoce, y desarrollarse al establecer relaciones significativas tanto entre las ideas que el escolar ya conoce y las nuevas, como con los fenómenos del mundo.

Se reconoce también que los modelos científicos escolares conviven con otros que podemos llamar cotidianos o de sentido común y que pueden utilizarse diferencialmente según el contexto de aplicación. En este sentido Tamayo propone (2001: 276):

“Es decir, los diferentes modelos que explican un fenómeno determinado se consolidan mediante procesos de jerarquización y diferenciación sucedidos entre los diferentes modelos ya existentes. Estos procesos son el puente entre los modelos cotidianos y los científicos, evitando en gran medida la necesidad de cambios conceptuales fuertes. En este sentido estamos planteando un proceso gradual de evaluación conceptual en el que se produce de manera paralela la diferenciación y jerarquización entre los modelos ya existentes y el enriquecimiento al interior de cada uno de éstos...”

La representación gráfica de esta forma de entender la evolución de los modelos la presentamos en la en la figura 2-4.

La propuesta de Clement para la evolución de modelos (figura 2-3), y la de Tamayo (figura 2-4), no son incompatibles. Se pretende en ambos casos de evidenciar una evolución gradual en la que partiendo de los modelos de partida de los escolares se busca que éstos se hagan más consistentes y permitan acercarse paulatinamente a las ideas aceptadas por la comunidad científica.

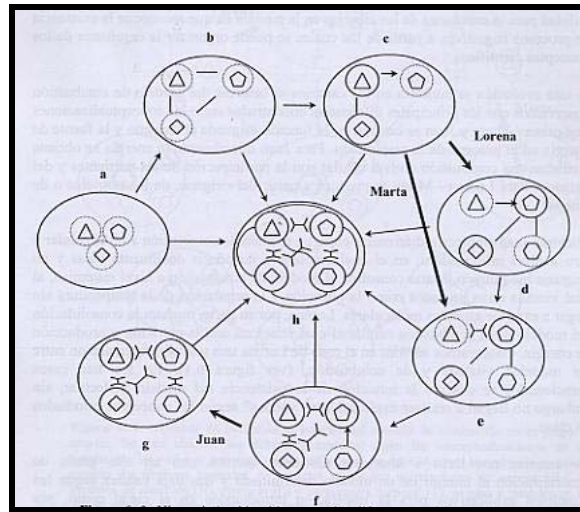


Figura 2-4. Representación de la vía hipotética evolutiva entre modelos explicativos. Se observa el paso de un conjunto de ideas poco precisas (a) a modelos explicativos coherentes y consistentes (f, g, h) (Tomado de Tamayo, 2001:273).

Una de las ventajas de trabajar bajo esta visión del proceso de construcción de modelos, sería que permite a los docentes no caer en excesivas simplificaciones ni enciclopedismos al intentar enseñar el modelo erudito, en el que los niños y las niñas están muy alejados de dar sentido a los enunciados que se intenta aprender.

Cabe aclarar que nos parece que no es posible establecer una analogía entre esta visión de modelo intermediario y la visión de enseñanza de conceptos o ideas de forma aislada y atomística. Sería difícil el que dando a los niños y las niñas información aislada, aunque sea suficiente, logren posteriormente integrarla en un modelo que les permita explicar los fenómenos del mundo.

Por ejemplo, si la intención es construir un modelo de reproducción de los seres vivos, los modelos intermediarios no debieran ser los órganos, sus nombres, sus funciones y su ubicación, esperando que después estas 'partes' del modelo se aglutinen e integren en un modelo de reproducción de los seres vivos. Se sabe que un sistema es algo más que la suma de sus partes ya que las relaciones son básicas, por lo que hemos de dar importancia a que los escolares elaboren explicaciones causales y no una mera enumeración de hechos. Para muchos niños y niñas puede ser sumamente difícil llevar a cabo este proceso de síntesis y discriminación para generar un modelo funcional, ya que implica cambios estructurales y no sólo de contenido (Pozo, 1993). Desde la visión de modelo podría ser útil estudiar la reproducción de los seres vivos considerando las similitudes y diferencias entre progenitores y descendencia, y ayudar a los escolares a construir explicaciones de este fenómeno en el que, dependiendo del sentido que pueda tener para explicar según su edad, se podrían incluir las funciones de algunos órganos y sus nombres.

Esto implica también que si se pretende ayudar a los escolares en la construcción de un modelo de ser vivo, la elección del fenómeno a interpretar no es trivial. Como ya hemos mencionado éste ha de conectar con los intereses y vivencias del alumnado, ser significativo desde el punto de vista de la ciencia y relevante desde el punto de vista social.

Por otra parte puede ser importante la forma en que se aborda en el aula el fenómeno a explicar, coincidimos con algunos autores que consideran que un acercamiento holístico en el que no se deja de lado la complejidad del fenómeno, lo cual puede permitir promover un modelo en el que se considera dicha complejidad (Bonil, *et al.*, 2004; García, 2004; Izquierdo, *et al.*, 2004).

### **2.2.2. Herramientas mediadoras en la construcción de modelos**

Desde la visión que hemos presentado en torno a la construcción de los modelos científicos escolares, uno de los problemas a resolver es cómo ayudar desde la escuela a su construcción. En este sentido la conceptualización de herramientas para el trabajo en el aula y su análisis resulta un tema de interés. Una de las líneas de investigación sugerente es la relacionada con los mediadores como herramientas que ayudan a comprender nuevos conceptos e interpretar nuevos fenómenos, generando nuevas relaciones en el modelo. Los *mediadores didácticos* son elementos de naturaleza analógica o metafórica que facilitan establecer relaciones desde el modelo de sentido común hacia el modelo teórico escolar.

En el trabajo de investigación que realizamos, previo a esta tesis, exploramos el papel de la maqueta del bosque realizada por los escolares, como un mediador didáctico. Conceptualizamos la función mediadora de la maqueta entre un fenómeno de difícil representación y las ideas de partida de los escolares y también como un mediador en la comunicación en clase y que apoyaba la regulación de las ideas (Gómez, 2002). Estas ideas quedaron en aquel trabajo plasmadas a manera de hipótesis y nos sirvieron para el planteamiento que aquí realizamos.

La bibliografía sobre mediación analógica es extensa (Duit, 1991, 2001; Thagard, 1992; Clement, 1993; Dagher, 1994; Glynn, 1995; Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; Linares, 2002, 2004) y no es nuestro objetivo revisarla aquí, sin embargo sí nos interesa retomar algunas ideas que nos parecen más sugerentes, por útiles para los fines de esta investigación, y son las relacionadas con el uso de los modelos analógicos en la mediación.

En términos generales, en la bibliografía consultada, encontramos que el término 'mediación' es polimórfico. Es común encontrarlo asociado al uso de analogías, en la cual éstas median entre lo conocido y lo nuevo por conocer. Este uso se concreta a diferentes niveles, por ejemplo, al establecer una relación puntual: establecer una

relación entre la cantidad de hombres y mujeres en un baile y la cantidad de parejas que se pueden formar y la relación entre moles de sustancias y la cantidad de producto posible, o el hecho de establecer todo un sistema de relaciones que llegan a convertirse en ‘modelos analógicos’, como la representación gráfica del ciclo del agua (Márquez, 2002), que contiene una serie de analogías específicas y relacionadas entre sí, en las que se genera un proceso amplio y complejo para compartir la representación entre profesores y alumnos, como menciona Márquez (*op cit.*), existe una multimodalidad relacionada con la gestión de la analogía.

Lo anterior indica que la mediación como fenómeno general presenta en una amplia gama de posibilidades de elaboración y de utilidad. Partiendo de este punto a continuación explicitamos algunas características de los mediadores analógicos.

### **2.2.2.1. Mediadores analógicos**

Inicialmente consideramos que las ideas de sentido común que los estudiantes tienen acerca del mundo natural pueden resultar los protomodelos teóricos iniciales a considerarse en la clase de ciencias para el proceso de *anclaje*. La tarea del profesorado de ciencias sería conectar estas ideas con los modelos teóricos escolares, creando así un intertexto con los referentes culturales establecidos. Para ello los profesores de ciencias se valen de estrategias didácticas que incorporan el uso de *mediadores* y que ponen la *analogía* en un lugar central.

La analogía puede considerarse así un mediador en tanto permite establecer una relación entre dominios de conocimiento que tienen una cierta relación de semejanza entre sí, ayudando a hacer familiar lo que hasta entonces era desconocido. Para ello existe un dominio conocido que se relaciona a través de un razonamiento analógico con el dominio que se pretende conocer (Linares, 2004).

La analogía está estrechamente relacionada con la construcción de los modelos científicos escolares permitiendo establecer una entre ciencia escolar y los hechos teorizables. Adúriz-Bravo (2001:433) siguiendo a Izquierdo y Márquez menciona:

“Una característica de la ciencia escolar es la *relación analógica* con los hechos del mundo teorizables con este modelo (modelo teórico escolar), sobre los cuales se puede realizar la intervención material o mental. Este proceso genera los llamados hechos paradigmáticos”

Los mediadores analógicos o “elementos mediadores de base analógica” usados en las aulas para apoyar los procesos de modelización tienen las siguientes características, según Adúriz-Bravo (2001: 459):

*Abstracción.*- Tal como los propios modelos teóricos, estos mediadores son abstractos, y no lingüísticos.

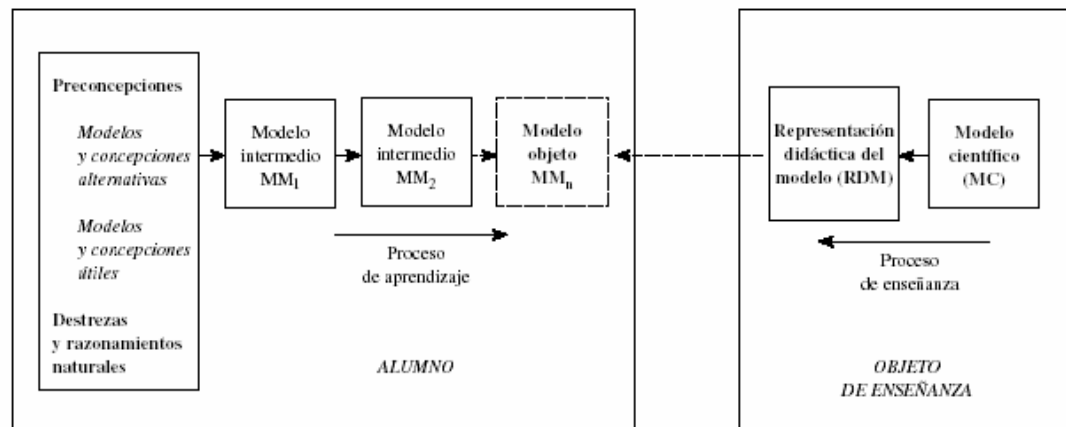
*Potencia semiótica.*- Pueden definirse (representarse) de diversas maneras, por medio del lenguaje natural o de sistemas de simbólicos.

*Potencia analógica.*- Conectan analógicamente con los hechos del mundo y con los modelos teóricos, sirviendo de puente entre unos y otros

*Potencia interventiva.*- Dan significado a los hechos del mundo enlazándolos y coordinándolos, a fin de que se pueda intervenir activamente sobre ellos.

*Coherencia.*- Están diseñados con el fin último de aproximar a la ciencia escolar hacia la erudita. Por lo tanto, contiene en sí mismos la componente normativa de la ciencia.

Para trabajar los mediadores análogos en el aula, que son abstractos y no lingüísticos, se generan representaciones analógicas del mediador (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Oliva *et al.* (2003) readaptan el modelo de Clement sobre construcción de modelos durante la instrucción (ver figura 2-3). En su propuesta, que presentamos en la figura 2-5, estos autores incorporan la representación didáctica del modelo (RDM), generada a partir del modelo científico (MC), que en nuestro caso entendemos como el modelo del docente. Así, el modelo del docente, a través del uso y negociación de la representación didáctica, interactúa con el modelo del escolar ( $MM_1$ ,  $MM_2$ , etc.) para ayudarlo a llegar al modelo objeto ( $MM_n$ ).



**Figura 2-5.** Adaptación del esquema de Clement (2000), realizada por Oliva y colaboradores (2003:430) incluyendo la representación didáctica del modelo.

Entendemos por *representaciones* las expresiones de un modelo creadas para un propósito particular, ya sea comunicativo, para negociar significados, razonar o resolver problemas (Buckley, 2000). Son externas, es decir, observables, y pueden darse en forma oral, escrita, de dibujos o figuras tridimensionales. Aunque un

## 2. Marco teórico

modelo puede tener diversas representaciones, considerando que el *modelo* y sus *representaciones* están interrelacionados y son interdependientes, evolucionando conjuntamente.

Así, la representación del modelo analógico debería evolucionar a medida que lo hace el propio modelo que representa. En este sentido consideramos que el proceso de mediación a través de mediadores análogos, es también un proceso dinámico, en el cual se van construyendo las relaciones entre el mediador, el dominio de referencia (que es la referencia conocida) y el dominio blanco (que es lo nuevo que se pretende conocer). Por ello debiera asociarse un proceso de regulación durante la utilización de mediadores análogos.

Por otra parte, la utilización de un mediador análogo en clase debiera representar también un proceso de construcción entre los participantes. La representación generada (individual o colectivamente) no sólo es el dato en el que apoya un docente su intervención reguladora sino que, además, promueve el aprendizaje en interacción, y es un puente entre los modelos de los niños y los fenómenos de referencia en el mundo real que explican. Como menciona Buckley (2000:929):

*"(las representaciones) ... forman un puente crítico no sólo entre los estudiantes y el fenómeno estudiado sino también entre el nivel individual de aprendizaje y el nivel de aprendizaje colaborativo en un grupo de estudiantes".*

Tomando en consideración las características de los mediadores analógicos, podemos considerar la maqueta del bosque y su manipulación bajo la perturbación de incendio forestal, que se utilizamos en la unidad didáctica y analizamos en esta investigación, como *representación de un modelo analógico*.

Las representaciones de este tipo han sido ampliamente utilizadas en la enseñanza de la biología, la geología y la química, por ejemplo las representaciones en forma de maquetas del cuerpo humano, de los órganos, sistemas, células, moléculas, etc., tienen gran tradición en el aula de ciencias y su uso y utilidad se ha expuesto en numerosos textos de didáctica. Por ejemplo, ya en 1980, Peter Gega discute el uso de analogías en la clase para abordar fenómenos que no pueden observarse directamente y siguiere, por ejemplo, la comunicación de las similitudes y diferencias entre el dominio referencia y el dominio blanco. Igualmente las representaciones en forma de dibujos en los libros de texto son ampliamente usadas y motivo de diversas investigaciones.

Aquí cabe establecer una precisión sobre la propuesta que realizamos en este trabajo, ya que el mediador análogo que es una maqueta del bosque, se va transformando con la intervención de los escolares y la construcción del modelo de referencia, mientras que tradicionalmente las representaciones son estáticas. Hemos dado relevancia a dicha transformación del mediador análogo pensando en ayudar a los escolares a



producir una representación dinámica que les facilite también movilizar sus modelos de referencia, apoyando de esta forma la evolución de los mismos.

La investigación relacionada con la transformación de las representaciones y la transformación del modelo de referencia ha sido utilizadas, entre otras, para evidenciar la evolución de modelos (Tamayo, 2001) y también se ha analizado la transformación de la representación con la finalidad de elaborar programas de simulación en ordenador (Pinto *et al.*, 2002). Sin embargo, la investigación relacionada a cómo se producen las transformaciones de las representaciones en interacción entre los escolares y los docentes, ha sido poco estudiada.

Por otra parte, la maqueta como representación de un modelo analógico podría considerarse un recurso extralingüístico inmediato, ya que permite explorar y activar los conocimientos previos de los alumnos y generar una mínima ‘intrasubjetividad’ entre docentes y alumnos. Este recurso hace referencia al conjunto de objetos, acciones y acontecimientos en cuyo marco interactúan docentes y alumnos (Coll, 2001).

En este marco nos ha parecido importante investigar sobre la construcción y uso de mediadores en la clase de ciencias, y la elaboración de recomendaciones para su uso.

### **2.2.3. En resumen sobre la construcción y evolución de los modelos científicos escolares**

Se plantea guiar el diseño del currículum utilizando un principio de economía y priorizando la construcción de modelos irreductibles como podrían ser el de ser vivo o el de cambio químico. Siendo así, lo que se pretende es la evolución de los modelos científicos escolares en el alumnado estableciendo diferenciaciones y semejanzas entre conceptos, jerarquizándolos y organizándolos, identificando la idoneidad y alcance de su uso al explicar fenómenos e incorporando paulatinamente más hechos explicados. Este es un proceso gradual, en el cual los escolares van construyendo modelos intermediarios, que puede extenderse a todo lo largo del tránsito por la escuela.

Una pregunta relevante para esta investigación es cómo podría ayudarse a la evolución de los modelos de los escolares, específicamente nos interesa explorar las herramientas mediadoras que pueden usarse para ello. En este sentido el uso de la analogía ha sido ampliamente estudiado, menos investigado pero de relevancia para nosotras es el uso de mediadores de base analógica, como puede ser una maqueta tridimensional como la que se analizamos en este trabajo.

### 2.3. Modelo científico escolar de ser vivo

*La astrología conduce a la astronomía; la alquimia evoluciona hacia la química. La ciencia de una era se convierte en la mitología de la siguiente. ¿Cómo enjuiciarán nuestras ideas los pensadores del futuro? Este desplazamiento en las ideas –en la mente de seres vivos que hacemos preguntas sobre sí mismos y sobre su entorno- está en el mismo centro de la vieja cuestión de lo que significa estar vivo.*

*La vida –de la bacteria a la biosfera- se mantiene produciendo más de sí misma.*

**Lynn Margulis y Dorion Sagan**

Como hemos mencionado en el apartado anterior, según un principio de economía sería deseable elegir los modelos científicos escolares incluyendo en el currículo un número razonable (Izquierdo, 2001) Para ello han de seleccionarse los modelos más inclusivos y robustos. Las ideas del modelo de ser vivo pueden considerarse básicas en la enseñanza de las ciencias (Tilló, 1999; Cañal, 2003; García, 2003; Pujol, 2003, entre otros), por lo que el modelo de ser vivo puede ser considerado como un modelo irreducible fundamental en el campo de la biología que debiera ser enseñado en el aula.

Esta construcción de modelo teórico erudito de ser vivo es compartida por la comunidad científica. Podemos encontrarla plasmada en los libros especializados o en las revistas especializadas de investigación. En ellas el marco teórico únicamente se referencia de forma general, puesto que se da por hecho que es compartido por una comunidad científica. Su principal función es dar a conocer los resultados de las investigaciones de los programas en desarrollo.

Esta información aportada por los científicos/as encontramos reestructurada en los libros dirigidos a universitarios y científicos de tipo divulgativo. En ellos los autores hacen una revisión de los paradigmas y modelos publicados. También en los libros de texto dirigidos a otros niveles escolares, los autores reelaboran el conocimiento científico para hacerlo accesible al público al que va dirigido. En estos documentos existen diversas propuestas relacionadas con qué enseñar sobre los seres vivos. En términos generales encontramos que una influencia importante para las propuestas es

el nivel escolar a que van dirigidas. Esto implica especialmente considerar los conocimientos antecedentes, los diversos intereses y capacidades de abstracción y las finalidades de la enseñanza; todo lo cual es determinante para los conceptos básicos y relaciones que dentro del modelo se plantean. Esta fuente es la que hemos considerado inicialmente para esbozar el modelo científico escolar de ser vivo, retomando diversos aspectos señalados diferentes autores.

### **2.3.1. Diversas consideraciones en relación al modelo escolar de ser vivo**

De entre los libros de biología dirigidos a estudiantes universitarios, encontramos que Paul Weizs (1975), en su libro ‘La ciencia de la biología’, que ha sido actualizado en diversas ediciones, plantea un modelo de ser vivo en el que utiliza fundamentalmente como eje central de la organización de las ideas para el modelo ser vivo la idea de capacidad de auto-perpetuación.

Dicha auto-perpetuación proporciona el control, asegura que la maquinaria metabolizante siga funcionando indefinidamente a pesar de los fenómenos internos y externos, es decir, lleva a cabo el control de los estados de equilibrio. Este control permite que el organismo viviente reciba información de su interior y del medio externo y según esta información actúe de un modo auto-conservador, dando lugar a procesos de regulación, procesos de reproducción y adaptación. El metabolismo es en el cual se intercambia materia y energía con el medio externo, a través de tres funciones básicas necesarias para llevar a cabo la auto-perpetuación: la nutrición que suministra los nutrientes, la respiración que suministra la energía y la síntesis a través de la cual los nutrientes se convierten en nuevas partes estructurantes. Los nutrientes son de dos tipos: inorgánicos (agua, sales y otros minerales) y alimentos orgánicos. En la figura 2-5 presentamos el esquema de esta propuesta.

También el grupo Modena (Italia) de didáctica de las ciencias coordinado por María Arca, viene trabajando desde hace más de treinta años en una propuesta fundamentada de un modelo de ser vivo recogida en diversos libros (Arcà, Gudoni y Mazzoli, 1990; Piemont, 1994; Alfieri, Arcà y Guidoni, 1995). Este grupo pone el acento en considerar a los seres vivos como sistemas ordenados y abiertos que interactúan con el medio intercambiando materia, energía e información, siguiendo instrucciones base que están escritas “internamente” en su programa genético. Además, son sistemas que se modifican en el tiempo, manteniendo la propia individualidad y se renuevan reconstituyéndose autónomamente.

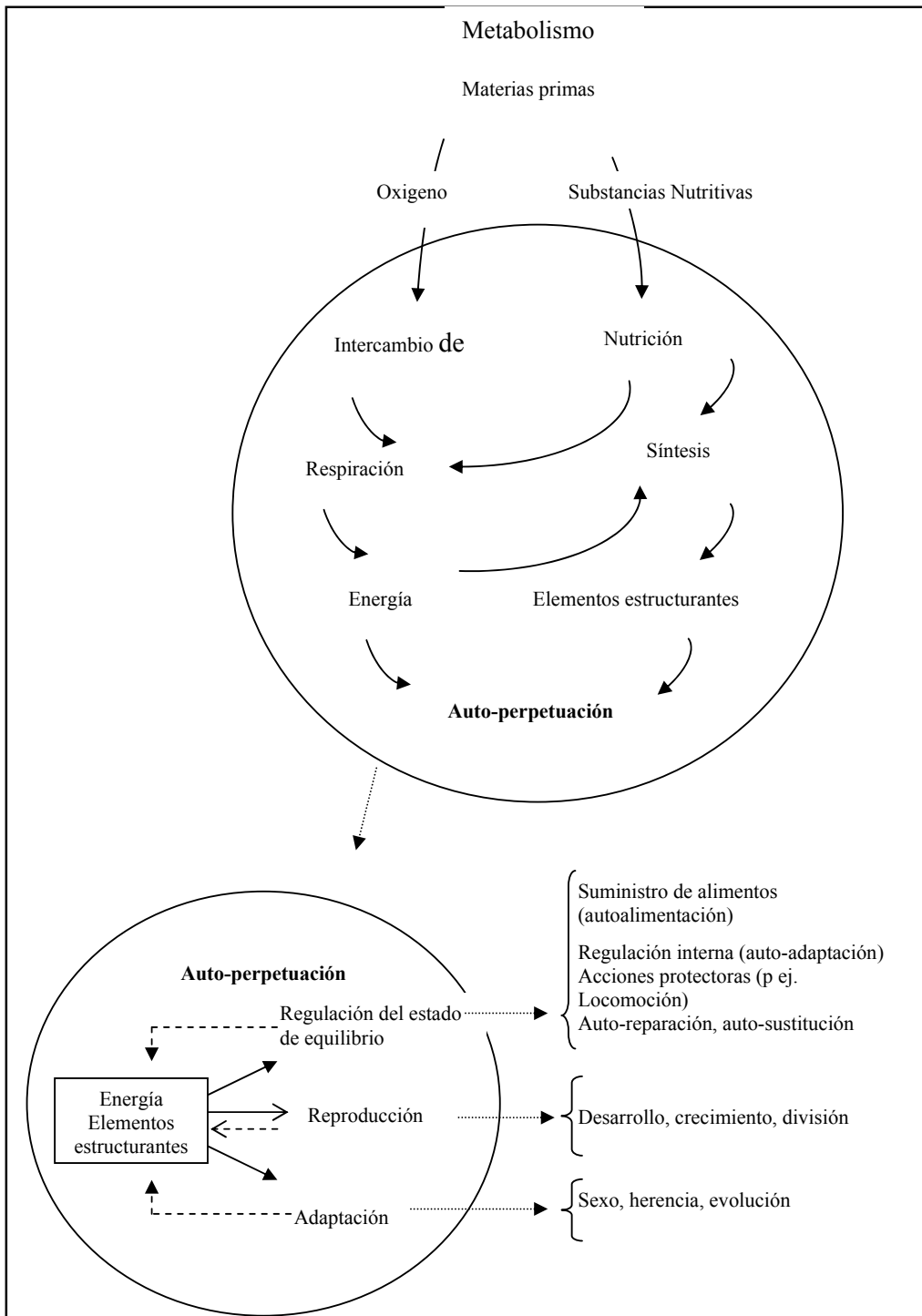


Figura 2-6. Propuesta de Weizs B.P. 1975, para el modelo de ser vivo.

Así, los seres vivos comparten las siguientes características:

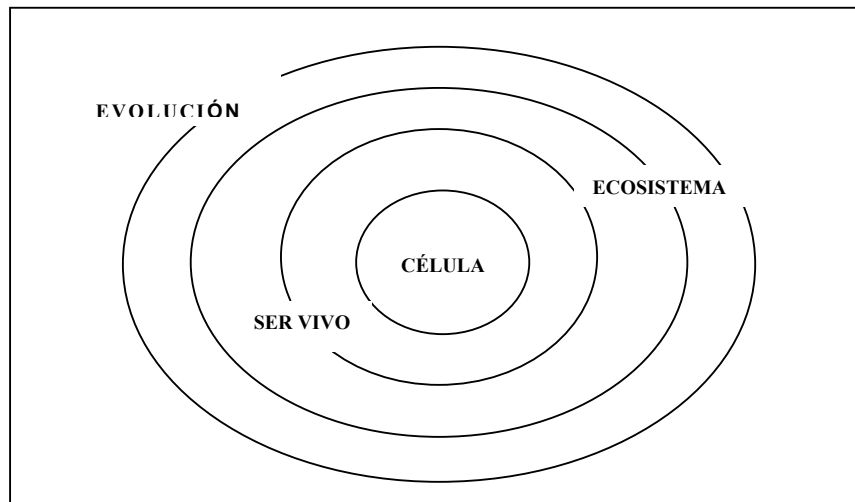
- Son sistemas abiertos y complejos. Abiertos respecto al medio con el cual intercambian materia, energía e información y complejos ya que están formados de muchas partes y elementos interconectados, que forman un conjunto que va más allá de la suma de sus componentes.
- Son capaces de auto-renovarse y auto-reproducirse. Es decir, tienen la capacidad de renovar y recomponer las diferentes partes que forman el sistema y tienen la capacidad de construir nuevas copias.
- Son capaces de auto-organizarse. Es decir, mantener estructuras ordenadas y organizadas (disminuyendo la entropía).
- Son capaces de auto-regularse. Es decir, mantenerse durante un cierto tiempo en condiciones estables y al mismo tiempo poder reaccionar ante las perturbaciones externas (homeostasis). Así, dentro de unos ciertos límites marcados por la capacidad de cambio, de adaptación al ambiente, a largo plazo, evolucionan a formas diferentes.
- Están formados de células, la mínima unidad que presenta todas las características mencionadas.

El grupo de Sevilla, propone en diversos trabajos (Cañal 1999, 2003, 2004), especialmente en el artículo de Pedro Cañal ‘¿Qué investigar sobre los seres vivos?’ (2003), pone el acento en la idea de conceptos estructurantes. Comparten el acercarse a los seres vivos desde una perspectiva de sistemas abiertos y complejos. Además Cañal plantea organizar la idea de sistema ser vivo a través de conceptos estructurantes de orden superior. Éste investigador presenta cuatro ideas estructurantes que él llama ‘ámbitos’ y que se encuentran en los diferentes niveles de organización: molecular, celular, de organismo y de especie. De este investigador llamamos la atención sobre su planteamiento desde una visión escalonada de los seres vivos, en la cual los ámbitos pueden construirse a diferentes niveles e integrarse.

Estos ámbitos son:

- a) Unidad y diversidad en los componentes de todos los seres vivos, todos ellos presentan regularidades o aspectos comunes entre sí a la vez también diversidad.
- b) Interacción entre los mismos, que puede ser física o química, y que constituye la base de los procesos de nutrición, relación y reproducción.
- c) Formas de organización, en su capacidad de autoorganizarse, y establecer un equilibrio dinámico permanente a través de la regulación y el intercambio de materia, energía e información.



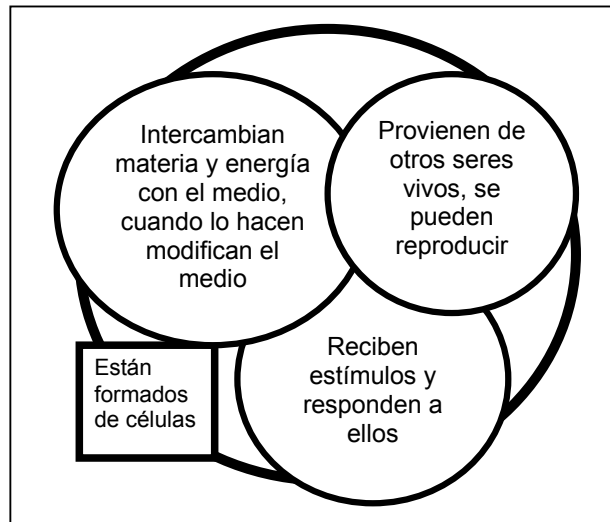


**Figura 2-8. Forma en que se relacionan los modelos con el de ser vivo (Tomado de García, 2005).**

El modelo ser vivo se entiende como un sistema que: intercambia materia y energía con el medio y como resultado de ello modifica el medio (equivale al concepto de nutrición construido por los científicos), capta estímulos del medio y responde a ellos (se corresponde con el concepto de relación tal como aparece formulado en los textos científicos para universitarios), proviene de otros seres vivos y puede reproducirse y transferir sus características a sus descendientes (recoge la idea de autoperpetuación que sirve para caracterizar la vida) y esta constituido por una o muchas unidades estructurales que llamamos células, cada una de las cuales tiene a su vez las mismas propiedades que el todo (se corresponde con la teoría celular ) (García, 2005). Esta propuesta podemos observarla gráficamente en la figura 2-8.

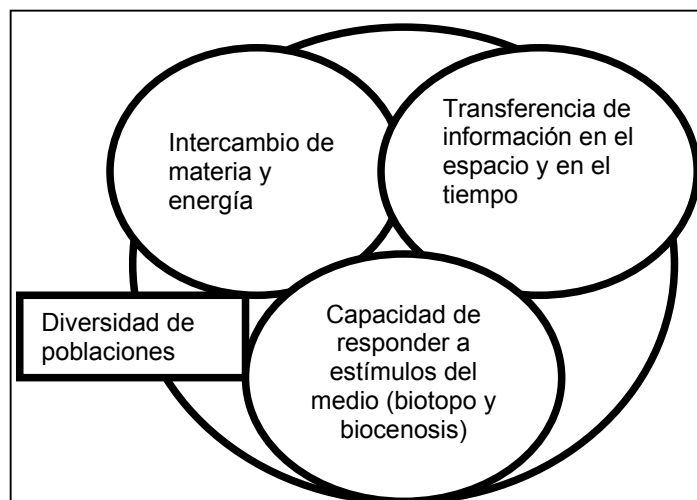
Consideramos que al abordar cada una de estas funciones pueden identificarse para cada nivel educativo y de acuerdo a las características propias de cada grupo –clase, las ideas importantes a desarrollar para cada ámbito de los propuestos por Cañal (2003).

La aplicación de este modelo al estudio de diversos seres vivos, desde los animales a las bacterias, permite profundizar en la construcción de cada uno de estos enunciados que configura el modelo ‘ser vivo’ y al mismo tiempo aprender a mirar la diversidad no como una diversidad de formas (aproximación propia de la taxonomía biológica), sino como una diversidad de maneras de vivir, es decir de realizar la funciones propias de la vida (Margulis y Sagan, 1995, 1997).



**Figura 2-9. Modelo de ser vivo considerando tres funciones básicas y de forma interrelacionada (Tomado de las propuestas de García, 2005.).**

En función de estos planteamientos, si nos situamos en el modelo 'ecosistema' utilizamos las mismas entidades teóricas pero la unidad básica en este caso no es el organismo sino la población. Cada una de estas poblaciones también: a) intercambia materia y energía con el medio (en los manuales de Ecología se refieren a ello como ciclo de la materia y flujo de energía), b) se relaciona con el medio y responde a él, modificándolo, dentro de las limitaciones de lo que entendemos por adaptación (y ofrece un marco para interpretar todas las interacciones a nivel de biotopo y biocenosis así como los impactos ambientales y sus consecuencias para la población), y c) se reproduce y transfiere información en el espacio y el tiempo (García, 2005).

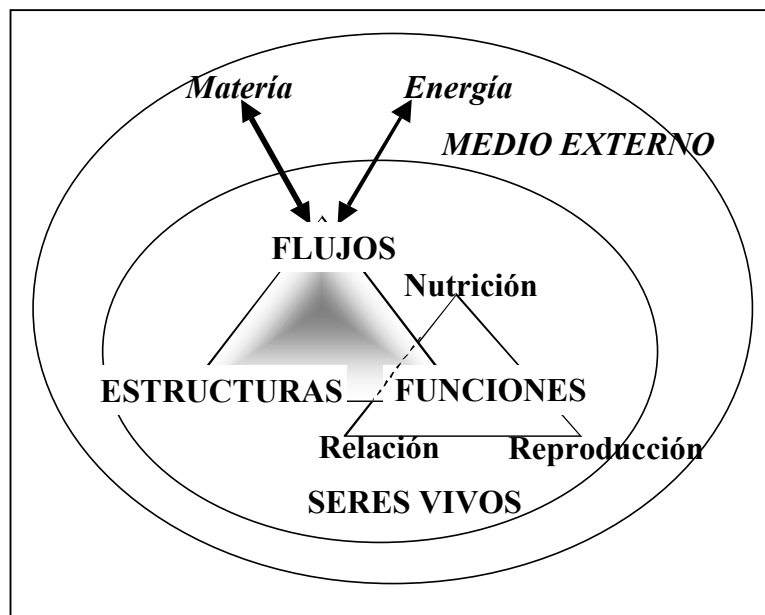


**Figura 2-10. Ideas a trabajar si nos situamos en el modelo 'ecosistema' (Tomado de García, 2005)**



En la propuesta del grupo de Barcelona, Pujol enfatiza en el modelo ser vivo las interrelaciones entre el sistema organismo y la importancia de considerar la complejidad de los seres vivos desde su relación con el sistema medio. Esta propuesta la presentamos gráficamente en la figura 2-9. La integración ser vivo medio, la expresan claramente en el siguiente fragmento (Espinte y Pujol, 2003: 52):

“El model d’èsser viu del qual partim suposa entendre l’organisme com un tot que es troba íntimament relacionat amb el medi on viu; suposa considerar que un ésser viu té un medi intern i un medi extern en constant interacció. Un ésser viu té unes estructures i unes funcions (relació, nutrició i reproducció) que son possibles gràcies a un flux continuat d’intercanvi d’energia i matèria entre el medi intern i medi extern.”



**Figura 2-11. Modelo de ser vivo en interacción con el medio (Tomado de Espinet y Pujol, 2003:53).**

Así mismo, Pujol (2003) en su libro ‘Didáctica de las ciencias en la educación primaria’, desarrolla una propuesta para trabajar el modelo ser vivo haciendo énfasis en la organización como fruto de una interrelación continuada entre el organismos y el medio, que posibilita su desarrollo. En ella prima la idea de que este es el resultado de la interacción entre un ambiente que impone límites y la información genética del organismo. En este sentido y desde una visión sistémica esta autora destaca:

- Son sistemas abiertos que intercambian materia y energía con el medio.
- Tienen capacidad de auto-renovarse y auto-reproducirse, y por tanto de construir copias de ellos mismos.

## 2. Marco teórico

- Tienen capacidad de auto organizarse, lo que les capacita para tener sus estructuras ordenadas y organizadas.
- Tienen capacidad de autorregularse, manteniéndose estables durante cierto tiempo y dando respuesta a los cambios en el medio, dentro de unos límites determinados por la capacidad de cambio, de adaptación al medio y a largo plazo de evolución.

Resulta interesante para nosotras el énfasis del grupo de Barcelona en una visión sistémica de los seres vivos y las recomendaciones para abordar su estudio en el aula de primaria y secundaria, incorporando la complejidad. Se recalca la importancia de estudiar a los seres vivos en relación con el medio y considerar las interacciones dinámicas entre ambos, centrándose en tres funciones básicas que han de trabajarse en el aula: reproducción, relación y nutrición, al igual que hemos observado en otras propuestas.

Todos estos referentes nos han conducido a tomar en cuenta, para nuestro propio trabajo al abordar el modelo ser vivo en el aula, tres funciones de los seres vivos: nutrición (intercambio de materia y energía con el medio), reproducción (capacidad de permanencia en el tiempo y transmisión de información) y relación (capacidad de captar y responder a estímulos manteniendo un estado de equilibrio hasta cierto umbral) siempre poniendo énfasis en la relación de entre los seres vivos y con el medio.

En nuestra propuesta nos situamos en el modelo ser vivo–organismo, como referente para construir el modelo científico escolar. Ello responde por un lado a que curricularmente es el que se propone y, por otro lado, a que en la historia de la ciencia, la ecología surge con posterioridad a la biología fundamentándose en gran medida en los modelos derivados de la biología y otras ciencias (Giordan *et al.*, 1998).

Finalmente dada la importancia que atribuimos a abordar la relación con el medio y nuestro interés en entender a los seres vivos como sistemas, por lo que atendemos a la estructura y dinámica de las funciones y no a caracterizar las partes de manera aislada (Kitano, 2002). Hemos valorado interesante incluir las perturbaciones ambientales en el estudio de los seres vivos, las cuales, aunque son consideradas como parte normal del funcionamiento de los ecosistemas, pocas veces son abordadas en el aula. Estudiar las perturbaciones puede ser interesante en tanto son cambios ambientales fuertes que pueden ayudar a que los niños pequeños los tomen en consideración al construir el modelo ser vivo.

### **2.3.2. Las perturbaciones ambientales: Los incendios forestales**

Como dice Terradas en su libro ‘Ecología de la vegetación’ (2001), hemos de asumir que en el medio el cambio es la regla. Este cambio se da no sólo en las condiciones ambientales como temperatura, disponibilidad de agua, espacio, y otros, sino también en la composición, estructura y funcionamiento de las comunidades de seres vivos. Entender a los seres vivos en relación con su medio, implica verlos desde una perspectiva dinámica (Gómez, Sanmarti y Pujol, 2003) y ubicarlos por tanto en un medio que cambia y en el cual, además, tienen un papel activo ya que condicionan muchas de sus transformaciones.

Los cambios en el ambiente pueden ser de diferente intensidad y duración. A corto plazo, como ciclos diarios, a mediano como los incendios forestales o las plagas y a largo plazo, como las glaciaciones. Para los escolares es posible registrar los cambios a corto plazo, sin embargo, para los de mediano o largo plazo de difícil observación directa, es complejo generar representaciones para estudiarlos en el aula.

En el caso de las perturbaciones a mediano plazo, los incendios forestales se consideran una de las más importantes en la zona mediterránea (Folch, 1993). Cabe aclarar que si bien algunos autores distinguen entre perturbación (“*perturbation*”) y disturbio (“*disturbance*”), algunos otros no lo hacen. Los primeros consideran que los disturbios son fluctuaciones y eventos destructivos que pueden o no ser percibidos como normales en el sistema en cuestión, mientras las perturbaciones se consideran un cambio en los parámetros que definen el sistema. (White y Pickett, 1985), por ejemplo, una intervención humana podría considerarse una perturbación que modifica los parámetros normales del sistema, en cambio el incendio, al ser considerado parte normal de la dinámica del sistema, sería un disturbio para estos autores. Para los segundos las perturbaciones son parte normal del desarrollo de los ecosistemas, incluyendo los incendios forestales dentro de éstas (Terradas, 2001).

Diversos autores del campo de la ecología coinciden en que las perturbaciones ambientales son un aspecto fundamental en el funcionamiento de los sistemas naturales a diferentes niveles de organización. Numerosos trabajos de investigación se han centrado en el nivel de organización de individuo, ya que reconocen el importante efecto de los individuos en la organización ecológica, efecto que está condicionado por las tasas de crecimiento, reproducción, dispersión o establecimiento de relaciones (Pickett y White, 1985). Esto indica la importancia de comprender qué sucede con los individuos u organismos cuando hay perturbaciones ambientales, y nos advierte de la relevancia de considerarlas en la construcción del modelo ser vivo en el aula.

Por otra parte Terradas (2001) propone acercarse al estudio de las perturbaciones desde una visión integradora de la ecología, o una ‘nueva ecología’, en la cual sugiere una síntesis entre el paradigma individualista y el ecosistémico, la cual es

## 2. Marco teórico

sugerente para interpretar perturbaciones ambientales en el aula. Algunas ideas que introduce y que pueden ser útiles en el marco de la propuesta de modelo escolar de ser vivo, son:

- La comunidad no es un superorganismo: Se apoya aquí una visión anclada en la constatación de que las especies responden individualmente a las constricciones ambientales, de acuerdo cada una con sus específicas características ecofisiológicas y morfológicas.
- La comunidad no está en equilibrio estático: Los ecosistemas están sometidos a perturbaciones de todas clases y magnitudes y estas no sólo son destructivas sino también constructivas. Hay que sustituir la idea de comunidad estable por la de cambio constante.
- La comunidad no es homogénea: Existe heterogeneidad espacial y temporal, las condiciones siempre cambian en el espacio y el tiempo.
- Los cambios son cíclicos: Más que considerar una evolución lineal de las comunidades hacia un clímax deseable, la dinámica del ecosistema se ha de ver considerando que los cambios son cíclicos.
- El funcionamiento normal de un ecosistema incluye las perturbaciones: Debe dejar de pensarse que el funcionamiento normal de un ecosistema está sometido a cambios debidos a las perturbaciones, sino incorporarlas en la idea de funcionamiento normal. Lo interesante será entonces la magnitud espacio-temporal de la perturbación, su impacto en la vegetación y su frecuencia.
- La integración multiescalar: Considerar los fenómenos a múltiples escalas y tratar de integrar los modelos obtenidos para cada una. Así debemos plantearnos cómo los modelos establecidos a partir del estudio de las hojas, por ejemplo, pueden ayudar a entender lo que sucede a escalas superiores como árbol, parcela, cuenca, planeta.
- La introducción de los procesos estocásticos y caóticos: Los procesos ecológicos no son siempre deterministas, hay que considerar el azar y el comportamiento caótico que genera una impredecibilidad propia del caos determinista.
- El reconocimiento de la multicausalidad y las relaciones recíprocas: No sólo hay siempre relaciones causales, los fenómenos muchas veces son resultado de múltiples causas, lo que hace difícil la predicción, por lo que las predicciones han de ser probabilísticas.
- Considerar la ecología del paisaje: la noción de paisaje puede ayudar a tener una visión más completa del ecosistema a estudiar, en la cual se integra la actividad humana y los diferentes tipos de uso del suelo, por ejemplo.

- La biología de la conservación: Considerando la presión humana sobre los ecosistemas como algo prácticamente omnipresente, se plantea el buscar soluciones prácticas que permitan la conservación de los ecosistemas. En este caso también se considera como importante la restauración de los espacios más degradados, pasando de una actitud meramente defensiva a la intervención para recuperar lo destruido.

Con todo ello Terradas incorpora una visión actual de la ecología que además integra la complejidad. Para el tratamiento de las perturbaciones en el aula, estos lineamientos pueden ser una guía para abordarlas desde una perspectiva integradora.

### **2.3.3. En resumen sobre el modelo ser vivo**

Presentamos diversas propuestas que pueden ayudarnos a esbozar las ideas relevantes para la construcción de nuestra propuesta de un modelo de ser vivo para la ciencia escolar. Estas ideas incluirían considerar a los seres vivos como sistemas abiertos que intercambian materia y energía con el medio y como resultado de ello modifica el medio (nutrición), captan estímulos del medio y responde 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).

Al mismo tiempo enfatizamos la relación entre los seres vivos y con el medio y la incorporación de la complejidad y destacando la necesidad de incorporar explícitamente los cambios en el medio y específicamente las perturbaciones como una parte normal del funcionamiento del ecosistema. Coincidimos con tratar las perturbaciones desde una visión integradora, incorporando las visiones individualista y ecosistémica, dando así también relevancia a la forma en que los seres vivos responden a dicha perturbación.

## **2.4. Visión escalar**

*“En ecología, es tracta d’entendre que al cosmos tot són estructures dintre d’estructures”*

**Ramón Margalef**

Para construir nuestra propuesta de un modelo científico escolar de ser vivo desde una visión compleja, fue de suma importancia la incorporación de la visión escalar de Pickett, Kolasa y Jones (1994). Esto se debió a que encontramos difícil gestionar las actividades en el aula y la conversación con los escolares debido a que nuestro

interés era interpretar la perturbación ambiental de los incendios forestales, establecer relaciones entre los seres vivos y el medio, y al mismo tiempo, centrarnos en la construcción del modelo ser vivo en el aula. Ello nos llevó a encontrar diversas escalas de observación posibles, tanto para las docentes como para los escolares. El capítulo tercero de este trabajo está dedicado a explicitar ésta y otras dificultades que encontramos al llevar al aula nuestra propuesta, así como la forma en que las fuimos superando.

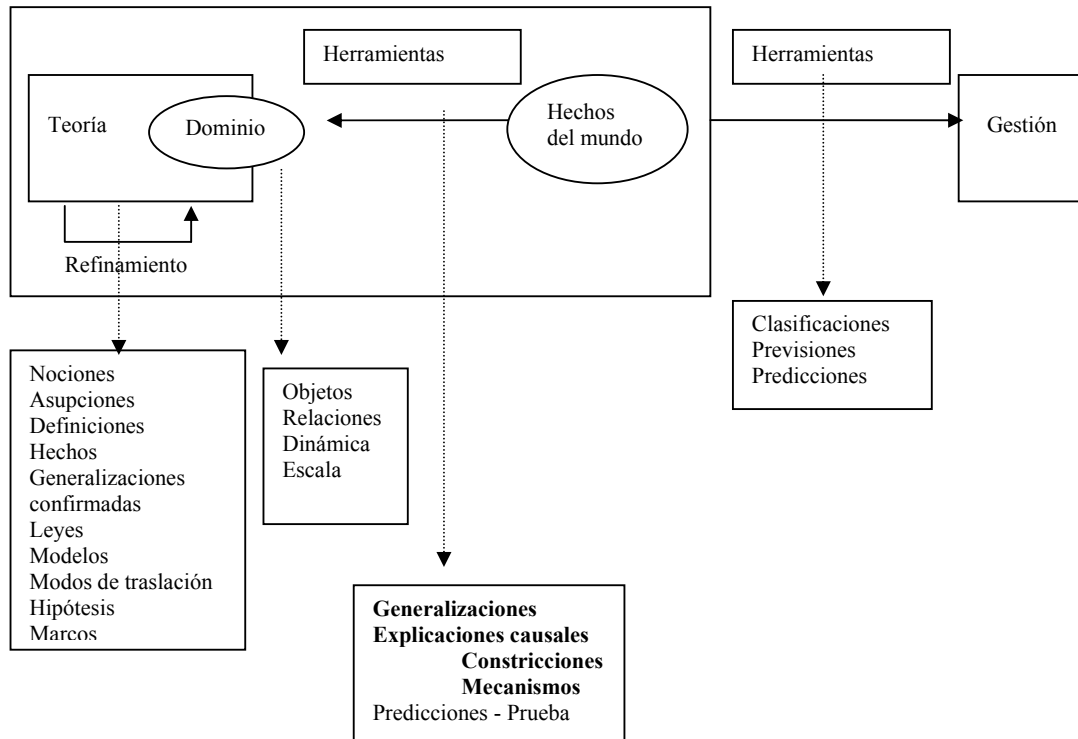
Específicamente la superación de la dificultad que encontramos para abordar el modelo de ser vivo, pero incorporando las diferentes escalas de observación que se presentaban, se debió a que integramos una visión escalar en el modelo escolar de ser vivo. Para ello, fue fundamental la adaptación de las propuestas de visión escalar generadas desde la biología y la ecología, especialmente las explicaciones jerárquicas y la integración escalar. A continuación esbozamos los referentes teóricos en que nos basamos para su adaptación a una visión escalar en el modelo escolar de ser vivo.

### **2.4.1. Integración escalar**

La relación entre los sistemas jerárquicamente organizados y la construcción de un modelo científico escolar de ser vivo desde una visión compleja (considerando tres funciones y tres niveles escalares), la hemos establecido a través de la propuesta de Pickett, Kolasa y Jones, (1994) sobre integración multiescalar para la comprensión de los sistemas ecológicos. Estos autores desarrollan la forma cómo los científicos elaboran teorías, y algunas herramientas que utilizan para relacionar los fenómenos y las ideas. Para nuestros intereses tomamos la idea de herramientas para pasar de los hechos a las teorías, y dentro de estas la construcción de explicaciones jerárquicamente anidadas. Cabe aclarar que estos investigadores se refieren a la elaboración de teorías y en nuestro caso, situadas desde una visión cognitiva de la ciencia (Giere, 1999), nos referiremos a la construcción de modelos.

#### **2.4.1.1. Explicaciones jerárquicamente anidadas**

La parte que nos ha resultado medular para elaborar la propuesta para abordar la construcción de modelos científicos escolares al interpretar los incendios forestales utilizando una maqueta, es la adaptación de Pickett y sus colaboradores, presentada en su libro *Ecological Understanding* (1994) como herramienta para la generación de teorías científicas. Los componentes del proceso de elaboración de teorías de Pickett y colaboradores, los presentamos en la figura 2-10.



**Figura 2-12. Propuesta de Pickett, Kolasa y Jones (1994: 28) sobre elementos que componen las teorías.**

Estos autores consideran que una de las herramientas para construir una teoría es la generación de *explicaciones jerárquicamente anidadas*. Para su generación se parte de las *generalizaciones*, en la que se identifican las regularidades o patrones del fenómeno. Posteriormente se busca la causa del patrón observado en una escala o nivel de organización inferior. En este nivel inferior encontramos los *mecanismos* causales que permiten determinar los procesos, mecanismos, interacciones o condiciones que producen el patrón del fenómeno y las posibles predicciones. Por otra parte, en el nivel escalar superior o nivel de organización superior encontramos las *constricciones*<sup>5</sup>, que determinan la velocidad e intensidad de respuesta de los mecanismos. *Tanto los mecanismos como las constricciones se consideran las causas del patrón observado.*

Estas explicaciones son instrumentos para la comprensión, que relacionan los constructos conceptuales o entidades del modelo, con el fenómeno observable. Pickett *et al.* (1994:39), lo expresa en los términos siguientes:

<sup>5</sup> Al hablar de constricciones, Pickett y colaboradores las entienden en el sentido descrito por Allen, y retomado en este informe en la sección 2.4.2.2.

## 2. Marco teórico

“It is often possible and useful to cast causal explanations as a nested hierarchy of processes. A phenomenon at a focal level of organization in a hierarchy can be explained by causes at a lower level of organization and by constraints at higher level of organization.”

La integración de los tres niveles en la explicación, proporciona una visión jerárquica de los sistemas y es una forma de incorporar la complejidad y evitar un excesivo reduccionismo.

Muchas veces los niveles inferiores en la jerarquía están anidados y en forma agregada generan los niveles superiores (células - tejidos: un grupo de células se integra formando un tejido), pero otras veces ese no es el caso. Por ejemplo, los predadores y presas pueden constituirse en constricción o mecanismo dependiendo del momento y de la relación que se analice y no generan una estructura anidada. Tanto en los casos anidados como en los que no, la complejidad viene de la no linealidad y la asimetría de la entidad que afecta y es afectada por su ambiente. El ‘ambiente’ constituye en la jerarquía el nivel superior y responde más lentamente que las entidades a las que constriñe.

En este sentido consideramos que la discreción de los sistemas, es decir los límites de las escalas, son producto de la percepción humana y generada con fines explicativos y de comprensión, aunque no arbitrarios. Para esta no arbitrariedad coincidimos con Varela (1995:51), cuando menciona:

“... de los muchos posibles caminos a barajar, el camino particular que observamos permite que veamos lo que es el mundo para el sistema, es decir, la manera particular en que ha mantenido una historia continua de acoplamiento con su entorno sin desintegrarse.”

“... Estamos en camino de la explicación de un mecanismo mediante el cual se pueden comprender y construir los procesos de percepción, un mecanismo por medio del cual las unidades pueden dotar de sentido a un mundo a través de su estructura y de la historia de sus interacciones.”

### **2.4.1.2. Herramientas para la construcción de las explicaciones jerárquicamente anidadas**

Como mencionamos, las explicaciones jerárquicamente anidadas se producen gracias a la elaboración de una generalización que se explica causalmente a través de los mecanismos y las constricciones. Presentamos a continuación la caracterización y proceso de construcción de las generalizaciones, para posteriormente, en la sección



2.4.2. sobre sistemas jerárquicamente organizados, desarrollar la idea de mecanismos y constricciones.

### **2.4.1.3. Generalizaciones**

Para la elaboración de las explicaciones jerárquicamente anidadas un primer momento sería la elaboración de las generalizaciones, que se refieren a la *obtención de patrones* que serán explicados. La generación de patrones resulta de suma importancia para el desarrollo de las ciencias, ya que se relaciona directamente con la generación de nuevas preguntas. Qué observar no es una pregunta trivial. Existen grupos de investigadores/as dedicados a la producción de generalizaciones. Por ejemplo, los ecólogos empíricos se dedican a descubrir, documentar y generalizar los fenómenos<sup>6</sup>.

Las generalizaciones pueden presentarse con *diferentes niveles de abstracción*. El modo de generalización más concreto consiste en condensar una serie de observaciones similares en una especie de frase sumaria, ecuación, gráfica, frase o valor numérico. La temperatura promedio mensual puede ser un ejemplo. En una generalización más abstracta se analogan dominios, se relacionan constructor conceptuales y se realizan derivaciones, por ejemplo la relación entre la forma de la corola y los tipos de polinización por insectos que ha de ser explicada con argumentos relacionados con procesos co-evolutivos.

Las generalizaciones así condensadas *resaltan* algunos aspectos de los fenómenos el mundo que necesitan una explicación causal, y pueden llevar al desarrollo de una teoría. Si la generalización la hacemos de pocas observaciones puede ser una hipótesis, también puede ser una predicción cuando se trata de otros casos separados en el espacio y el tiempo de la generalización original. Así, las generalizaciones sobre un fenómeno en un nivel particular de organización, *estimulan la investigación en el nivel inmediato inferior*.

La elaboración de una generalización puede considerarse como parte de la construcción de la teoría ya que se trata de un proceso multifacético en el dialogo entre la realidad y el constructo conceptual. Una simple generalización por condensación de observaciones asume una similaridad entre las observaciones, basada en otros conocimientos sobre el tema y en una 'forma' de observar la realidad. Por lo tanto, el conocimiento del observador es relevante inclusive aunque sea una teoría rudimentaria.

Todas las generalizaciones implican un proceso de abstracción a través de la simplificación, idealización y unificación. En la simplificación se realiza la

---

<sup>6</sup> Por su parte los ecólogos teóricos se dedican a la generación, refinamiento y derivación de expectativas de los constructos conceptuales.

identificación de la esencia del fenómeno, sistema o interacción de interés. Lo no-esencial del fenómeno ha de ser ignorado. Un segundo paso es la idealización, en la que se descartan influencias que de hecho pueden actuar en el sistema, aunque después se retomen en algunas aplicaciones. La condensación de generalizaciones extrae información de una serie de fenómenos que son considerados similares. La parte más abstracta del proceso de generalización es la unificación que 'empareja' dominios que se considera contienen fenómenos dispares, por ejemplo, los mecanismos de defensa de animales sésiles marinos y los de plantas terrestres.

### **2.4.1.4. Explicaciones causales**

La explicación causal es la determinación de los procesos, mecanismos, interacciones o condiciones que producen el patrón del fenómeno. Las causas del patrón definido en la generalización se consideran tanto los mecanismos como las constricciones, de tal forma que las causas pueden ser una variedad de eventos y circunstancias contemporáneas o históricas que aparecen en un nivel de organización jerárquico superior o inferior, y que pueden estar relacionadas unas con otras en diferentes formas. Esta es una forma de entender la complejidad. Otra forma de entender la complejidad de la causalidad puede ser dividir las causas en 'próximas' y 'distantes' como sugiere Mayr<sup>7</sup> (Mayr, 1998; Ariew, 2003).

Como hemos mencionado los mecanismos se encuentran en la escala inferior de organización, mientras las constricciones en la superior. Las constricciones y por oposición los mecanismos que son constreñidos los desarrollaremos con mayor profundidad más adelante (sección 2.4.2.2.).

Aunque la idea de sistemas jerárquicos se ha desarrollado mayoritariamente en la ecología, considerada ciencia de la integración, otras áreas como la biología han propuesto una visión jerárquica de la organización. Por ejemplo respecto a la organización funcional en evolución Elliott (1995), plantea la superación de la tradición individualista, en la que se trata a las comunidades como colecciones de organismos que no tienen las propiedades implícitas de 'organismo' o se trata a la comunidad como superorganismo. Por otra parte el tratamiento de los sistemas de tamaño medio y jerárquicamente organizados, se ha hecho relativamente común entre quienes trabajan en teoría de sistemas (Araceli, 1997).

---

<sup>7</sup> Las preguntas que se refieren al *cómo*, son conocidas como el estudio de las *causas próximas* y estudian el aquí y el ahora, el funcionamiento de un organismo y sus partes, su desarrollo y cómo vive un ser vivo en determinado sitio y con quién; la experimentación suele facilitar su determinación. Las preguntas de tipo *por qué*, se refieren a factores históricos y evolutivos, suelen tener que ver con adaptaciones y con la diversidad orgánica, se han descrito como la búsqueda de *causas remotas*, intentan explicar por qué un organismo es como es, entendiéndolo como producto de la evolución, el origen y la historia de los seres vivos. Son probabilísticas, han actuado durante largos periodos de tiempo, y más concretamente en el pasado evolutivo de la especie, son responsables del origen de nuevas especies y se determinan por inferencias a partir de narraciones históricas.

#### **2.4.1.5. En resumen sobre la integración escalar**

Pickett Kolasa y Jones, investigadores en el campo de la ecología, también llamada ciencia de la integración y proponen la integración de modelos para la generación de teorías. En este informe se considera que la aportación de estos autores puede ser útil para guiar la construcción de modelos científicos escolares de ser vivo en el aula.

Estos autores afirman que una de las herramientas que permiten pasar de los hechos a la teoría es la generación de explicaciones jerárquicamente anidadas. En estas explicaciones se elaboran generalizaciones, en un nivel de organización jerárquico, en el que se identifica el patrón del fenómeno a explicar. Las generalizaciones requieren un proceso de abstracción y no se inducen de la realidad, sino que requieren un proceso de diálogo entre los fenómenos y los constructos conceptuales. El patrón observado es explicado por sus causas, que encontramos en el nivel inferior, llamadas mecanismos y por sus constricciones situadas en el nivel superior de organización.

#### **2.4.2. Los sistemas jerárquicamente organizados**

Con la finalidad de ampliar lo que implica una visión escalar al explicar los fenómenos, en este apartado profundizamos en los aspectos teóricos que nos han permitido comprender con mayor precisión lo que son los mecanismos y las constricciones.

En la descripción y tratamiento de los sistemas, éstos se han estudiado desde diferentes enfoques. Inicialmente von Bertalanffy en 1945 introduce la idea general de teoría de sistemas diferenciando entre sistemas ‘pequeños’ y ‘grandes’ y llamando la atención sobre la necesidad de desarrollar una teoría sobre los sistemas jerárquicos (Bertalanffy, 1995).

Como resultado de considerar el tamaño de los sistemas se ha dado diferente tratamiento a unos y otros. Los sistemas grandes, con muchos elementos, han recibido un tratamiento estadístico en el cual se trabaja con promedios, por ejemplo el comportamiento de los gases. Para los sistemas pequeños, por otra parte, se ha generado una ecuación para cada elemento, como por ejemplo, el comportamiento de los planetas en el sistema solar.

Sin embargo, se ha encontrado que algunos sistemas no se adaptan a este comportamiento, y no pueden considerarse pequeños pues tienen suficiente cantidad de elementos, ni grandes pues trabajar estadísticamente no permite describir su comportamiento, por lo que se han propuesto los llamados “*middle number systems*” o sistemas de tamaño medio (Allen, 1982). Entre este tipo de sistemas se encuentran los sistemas biológicos.

## 2. Marco teórico

En los sistemas biológicos el número de elementos son demasiados para asignarle a cada uno una ecuación, pero son pocos para darles un tratamiento estadístico. Por otra parte, aunque existen casos en que se les da este tratamiento, se ha constatado la pérdida de la complejidad del sistema, y las dificultades predicativas y de intervención. Para su tratamiento se ha desarrollado la teoría de los sistemas jerárquicamente organizados.

Para su estudio se han desarrollado diferentes programas de investigación a lo largo de la historia. Uno con gran éxito se fundamentó en generar simulaciones y modelos *ad hoc*. Este programa se ha frenado actualmente ya que requiere de altos financiamientos y dado el aumento en el conocimiento de las variables y su comportamiento, cada vez se ha requerido mayor potencial en el tratamiento de la información. Si bien dicho potencial existe, éste se ha consagrado en líneas muy específicas de investigación (genoma humano, por ejemplo).

Otro programa para acercarse a los sistemas biológicos, que es el que nos interesa desarrollar en esta propuesta, ha surgido recientemente y proviene principalmente, tal como ya hemos mencionado, de la ecología. El él se aborda la complejidad de estos sistemas a través de su composición jerárquica. Dada la importancia de la heterogeneidad de los sistemas y el interés por no perder complejidad, en esta área se ha desarrollado una teoría sobre *sistemas jerárquicamente organizados*, en la cual las interacciones entre los diferentes niveles de organización substituyen en interés e importancia a la composición espacial y estructura de todo el sistema. Allen uno de los investigadores que lo han desarrollado, lo expresa en los siguientes términos (Allen, 1982: xii):

“We see most important complexity as related to the interaction of different levels of organization in order to give complexity proper accounts in our scientific models, those models are almost required to be hierarchical.”

Esta visión jerárquica permite atender la complejidad de las relaciones entre las partes en los sistemas medianos. Para definir dichas jerarquías esta visión se basa en los *flujos de energía e información*. Es decir, se centra en la idea de que los sistemas biológicos son sistemas complejos, abiertos, que intercambian energía e información, pero enfatiza en las relaciones que se establecen entre los elementos que intercambian dicha energía e información. Así, el acento se pone en comprender *el sentido e intensidad de estos intercambios*, dado que esto, como se explica más adelante, es indispensable para definir cada jerarquía y por tanto la organización del sistema.

Esta forma de definir y comprender las jerarquías es de suma importancia ya que una idea central de los sistemas jerárquicos, es el hecho de que *los niveles superiores constriñen y controlan la velocidad de respuesta de los niveles inferiores* en varios grados dependiendo de las constantes de tiempo del comportamiento que presentan

los diferentes niveles. Los niveles, como hemos mencionado, son considerados un continuo y sus fronteras son más bien producto de la observación humana con el propósito de su descripción y estudio.

En este trabajo los dos elementos centrales que nos interesan de la propuesta por jerarquías de Allen son los ‘*holons*’ o ‘*entidades*’ y la concepción de ‘*constricción*’. La descripción de estos ‘*holons*’ en términos de flujos de información y energía es sumamente interesante y compleja, aquí la desarrollamos brevemente. Posteriormente desarrollamos también de forma sucinta la concepción de constricción.

#### **2.4.2.1. Las entidades**

El concepto de ‘*entidad*’ usado por Allen y Star (1982), Pickett, Kolasa y Jones (1994) y Terrads (2001), se deriva de la idea de ‘*holon*’ introducida por Koestler en 1967. Él trata la noción general de estructura jerárquica en su obra “The ghost in the machine”, en la que argumenta la superioridad de la jerarquía sobre el mecanicismo, y alerta de los peligros del obligado reduccionismo. Para este autor un ‘*holon*’ es una totalidad, una integración de todas sus partes en un todo que sin embargo mira hacia dentro y hacia fuera, siendo como un portal (“*doorway*”).

Koestler propone la idea ‘*entidad*’ para llamar a los ‘*holons*’ en el área de la biología. Explica su característica dual a través de una sugerente analogía: la de Janus<sup>8</sup>, el Dios de doble cara de la mitología romana, guardián de las puertas que cuida principios y finales (ilustración 2-1). Así, la entidad tiene una dualidad en tanto mira hacia dentro funcionando integradamente como un todo y hacia fuera en la integración a su ambiente: es al mismo tiempo el todo y las partes. En cada nivel de la jerarquía hay entidades con esta estructura dual. Posteriormente Allen y Starr (1982) extienden el uso de las entidades al campo de la ecología y las utilizan para la integración escalar.



Encyclopedia Mythica  
http://www.pantheon.org/

**Ilustración 2-1. Janus, Dios romano guardián de las puertas, de principios y finales (Tomado de <http://www.pantheon.org/areas/gallery/mythology/europe/roman/janus.html>).**

<sup>8</sup> Janus en castellano es enero. El portal o ‘*holon*’ de un año es el mes de enero.

Un observador en sintonía con los cánones de integración de objetos con ciertos patrones espaciales y temporales fácilmente cae en definir una clase de objetos que representan un nivel de organización. Una silla, una mesa, son objetos discretos que pueden ser identificados fácilmente. En otro sentido, la discreción en los niveles no es tan evidente, sin embargo para un biólogo/a o ecólogo/a, por ejemplo, una célula, un tejido, un órgano, un aparato, un sistema, un individuo, una población, son entidades de organización de relativamente sencilla identificación.

Koesler trabajó con niveles discretos de organización, sin embargo, Allen propone que las jerarquías sean vistas como un continuo vertical con niveles *que emergen* por los propósitos del observador y que ayudan en la concepción, comunicación y cálculo de los sistemas (Allen y Starr, 1982). Bajo esta visión **el orden jerárquico emerge, no se impone**. Por tanto, la jerarquía se formula en términos de las relaciones que se establecen, en las cuales se identifican las entidades inferiores y superiores; las superiores constriñen a las inferiores, que son constreñidas. Por ello, la idea de constricción es fundamental para entender y caracterizar los niveles jerárquicos. A continuación exponemos dicho concepto.

### **2.4.2.2. Las constricciones**

Dado que el orden jerárquico emerge, no puede ser definido con antelación al análisis y definición de la relación que se establece entre entidades. Por tanto, ante una visión de sistemas jerárquicamente organizados, resulta indispensable estudiar *las relaciones* entre entidades para definir una posición jerárquica, la forma en que una afecta a la otra, predecir su comportamiento y comprender la organización general del sistema.

Dicha relación entre entidades se describe en términos de la cantidad y calidad de flujo de información y sus consecuencias, las cuales generan las constricciones. Una entidad constriñe a otra cuando la información de dicha entidad afecta la velocidad de respuesta de la entidad constreñida. Por tanto, una constricción es la información que afecta a una entidad en la velocidad de su respuesta. Así, la cantidad de luz constriñe algunos procesos metabólicos en plantas, pero no es un constrictor para los procesos metabólicos en animales.

En este trabajo destacamos tres aspectos de la constricción que pueden permitir resaltar las características que nos parecen sugerentes para su aplicación posterior en las propuestas didácticas: la interacción como ‘comunicación’, la asimetría de las entidades que se comunican y la significatividad de la información.

### 2.4.2.3. La comunicación

La escala de una estructura puede ser definida por las constantes de tiempo y espacio en las que se recibe y transmite la información. Esta información puede ser llevada por cualquier número de vehículos tanto en forma de energía como de materia.

Allen y Starr (1982) distinguen entre señales y comunicación en el flujo de información, siendo esta última la que permite definir un sistema jerárquico. Una ‘señal’ (*signal*) es un flujo de energía o materia en tránsito entre entidades que se comunican. Sin embargo, la señal no tiene significado por sí misma. La estructura de la señal es un signo<sup>9</sup> del estado de la entidad. Quien recibe la señal puede no saber su significado, y diferentes receptores de una misma señal pueden leer cosas distintas (la información no es ambigua, pero la lectura sí).

Por otra parte, en una ‘comunicación’ (opuesto a señal) la información contenida puede ser ambigua entre los dos cuerpos, pero tiene un significado para ambos. La señal por sí misma es indefinible en términos de escala, por ser potencialmente infinita en grano, ya que éste dependerá del emisor y el receptor, los cuales a su vez pueden ser infinitos, además porque puede ser un facilitador en infinidad de formas. Una señal no tiene espacio y tiempo intrínsecos. Es decir, no es posible definir el tiempo de emisión y de respuesta del receptor. Sin embargo, el periodo de tiempo en que las señales están integradas para dar un mensaje y producir una respuesta, si tiene espacio y tiempo, es comunicación, y es esto lo que define la escala. **Es decir, la escala se define en la interacción entre las entidades.**

Por ejemplo, al leer un periódico puede ser que una de las secciones nos sea completamente indiferente dada nuestra falta de interés o, indescifrable, dado nuestro desconocimiento del tema. Otros lectores, sin embargo, pueden estar sumamente interesados en ellas. La información contenida en dichas secciones se constituye en una ‘señal’ para nosotros, sin embargo es ‘comunicación’ para otros lectores. La señal, es decir las letras impresas, no tienen significado sin el lector que las interpreta.

Las señales pasan entre las entidades de forma multidimensional. Dado un particular par de entidades, una puede constreñir respecto a una señal y puede ser constreñida por otra señal en diferente dimensión. Un ejemplo, puede ser un bucle retroactivo (*feedback loop*) en el que ambos componentes se constriñen uno al otro en formas diferentes y pueden encontrarse en escalas diferentes al mismo tiempo.

---

<sup>9</sup> *Signal* puede traducirse como señal y como signo.

#### **2.4.2.4. La asimetría de las entidades y la significatividad de la información**

Las constricciones no se presentan en la forma del todo o la nada, sino en grados que tienen que ver con la significatividad de la información y la asimetría de las entidades relacionadas. Cuando no existe asimetría en las entidades la información aún siendo significativa, no se constituye en una restricción.

Cuando la asimetría es muy grande, tampoco se presenta restricción. Entre el metabolismo de los seres vivos y los movimientos de los astros la asimetría es tal que resulta inadecuado analizar el metabolismo de proteínas en función de los ciclos solares. De igual manera cuando la asimetría es muy grande, pero la significatividad de la información muy alta, la restricción es muy alta. Los dinosaurios permanecieron durante mucho tiempo indiferentes al movimiento de los astros, hasta que, según una de las teorías más aceptadas, un meteorito impactó sobre la tierra y produjo su extinción. En la tabla 2-1 presentamos un ejemplo de asimetría que retoma estas ideas.

<b>Entidad en un nivel</b>	<b>Entidad en un nivel</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Resultado</b>
Proceso metabólico de producción de glúcidos en seres vivos	Proceso metabólico de producción de ácidos nucleicos en seres vivos	<b>No hay</b>	<i>No hay restricción</i>
Proceso metabólico de producción de glúcidos en seres vivos	Recursos naturales disponibles para la alimentación	<b>Media</b>	<i>Hay restricción</i>
Proceso metabólico de producción de glúcidos en seres vivos	Ritmos solares de 12 años	<b>Alta</b>	<i>No hay restricción</i>

**Tabla 2-1. Relaciones de asimetría de las entidades y presencia o ausencia de restricción.**



#### **2.4.2.5. En resumen sobre los sistemas jerárquicamente organizados**

Los sistemas jerárquicamente organizados surgen de la teoría general de sistemas ante la necesidad de comprender los sistemas de tamaño medio, como los biológicos, en los cuales la complejidad no permite un tratamiento estadístico ya que se pierde mucha información en el proceso y tampoco una definición para cada elemento constituyente del sistema, ya que la cantidad de elementos es muy alta para ello. Siendo así, se priorizan las relaciones entre las entidades, entendidas como unidades de organización integrada.

Algunos autores que trabajan en el campo de la ecología han utilizado la constricción, en la que una entidad constriñe a otra, es decir afecta su velocidad de respuesta, para definir las jerarquías en estos sistemas. Para ello se consideran los flujos de materia y energía entre entidades y su comportamiento. Bajo esta perspectiva la comunicación entre las constricciones y los mecanismos define las jerarquías de las entidades, por tanto las constricciones y en consecuencia las jerarquías emergen en la interacción.

Todo ello nos lleva a considerar la interacción entre las entidades como punto clave para determinar las jerarquías de los sistemas y por lo tanto definir los niveles escalares. En el aula, nos sugiere poner el énfasis en la interacción entre los seres vivos y con el medio, resultando una forma adecuada de abordarlos desde la idea de sistemas jerárquicamente organizados, entendiendo las constricciones como las condiciones del medio que permiten el desarrollo de las funciones nutrición, reproducción y relación.

### **Capítulo 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas**

---

3.1. Antecedentes .....	60
3.2. Tres ciclos de investigación – acción .....	61
3.2.1. Planteamiento inicial.....	64
3.2.2. Primer ciclo de investigación – acción .....	68
3.2.2.1. Punto de partida en la primera unidad didáctica.....	68
3.2.2.2. Planificación de la primera unidad didáctica.....	71
3.2.2.3. Ejecución de la primera unidad didáctica .....	72
3.2.2.4. Modificación del estado del conocimiento de la primera unidad didáctica .....	74
3.2.3. Segundo ciclo de investigación – acción .....	81
3.2.3.1. Punto de partida en la segunda unidad didáctica .....	81
3.2.3.2. Planificación de la segunda unidad didáctica .....	84
3.2.3.3. Ejecución de la segunda unidad didáctica .....	85
3.2.4. Tercer ciclo de investigación – acción.....	92
3.2.4.1. Punto de partida en la tercera unidad didáctica .....	92
3.2.4.2. Planificación de la tercera unidad didáctica .....	95
3.2.4.3. Ejecución de la tercera unidad didáctica.....	95
3.2.4.4. Modificación del estado del conocimiento en la tercera unidad didáctica .....	96
3.3. Propuesta de integración escalar para la ciencia escolar .....	98
3.3.1. Integración escalar y construcción de un modelo científico escolar .....	98
3.3.2. Integración escalar y construcción del dominio del modelo.....	100
3.3.3. Integración escalar para la generación de explicaciones causales.....	101
3.3.3.1. Las generalizaciones.....	102
3.3.3.2. Las explicaciones jerárquicamente anidadas: mecanismos y constricciones.....	104
3.3.3.3. Ámbito de aplicación de la propuesta.....	105

### 3.1. Antecedentes

*“I was saying that in the process of action research, knowledge is produced and used in the process of improving practice. It is constituted by the intention of an agent to change a situation, an intention that is continuously modified in the course of action as the agent’s knowledge of the situation develops.”*

**John Elliott**

En este apartado presentamos el recorrido seguido desde septiembre de 1999 hasta febrero de 2005, momento en que escribo estas líneas. Este camino se inicia cuando me incorporo al programa de doctorado en didáctica de las matemáticas y ciencias experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona. Entonces empieza a perfilarse mi proyecto de investigación el cual incluye el diseño de una unidad didáctica para promover la construcción del modelo ser vivo en la escuela primaria, a partir de un contexto que incorpore la educación ambiental.

Al momento he diseñado, llevado a la práctica y reflexionado, al lado de mis directoras de tesis y con el apoyo de muchas otras personas, en torno a tres unidades didácticas sobre seres vivos en la escuela primaria.

Este fue un proceso largo y complejo de transformaciones que incluyeron diversos ámbitos, no únicamente los relacionados con la propuesta didáctica. Estos cambios se presentaron también en la forma misma de concebir la investigación y afectaron tanto mis concepciones sobre la enseñanza de las ciencias, como mis prácticas en el aula y en la investigación.

Es debido a este cambio multifacético que actualmente considero que tanto yo como mis directoras de tesis, la Dra. Neus Sanmartí y la Dra. Rosa Maria Pujol, así como mi compañera de trabajo en el aula la profesora Teresa Pigrau, terminamos inmersas en un proceso de investigación – acción que no teníamos planteado al inicio de esta investigación.

El recorrido desde la primera unidad didáctica planteada tanto de las acciones, ideas e intereses seguidos es sumamente amplio, difícil de explicitar y careció de la linealidad que aquí le atribuyo. Exponerlo en este documento ha requerido un esfuerzo de organización y síntesis del trabajo realizado durante cinco años.

En este capítulo he tratado de explicitar los puntos que actualmente considero pueden brindar al lector un panorama general del proceso seguido y llevarle a comprender el contexto de generación de la tercera unidad didáctica, la cual es el objeto de análisis

en los capítulos 5 y 6 de este informe. Al mismo tiempo, me interesa recuperar los momentos críticos de cambio, tanto en los aspectos teóricos como prácticos y que llevaron no sólo a la tercera unidad didáctica propuesta, sino también a un enfoque teórico y metodológico para su análisis en esta tesis.

Aunque me considero responsable de la toma de decisiones que relataré a continuación, es innegable que la participación de otras personas, especialmente de mis dos directoras de tesis y mi compañera docente ha sido fundamental en todo el proceso. Para mí resulta difícil escribir estas líneas en primera persona, dado que parecería que he estado sola en el camino, y nada sería más erróneo que dar esta impresión. Sin embargo, redactar de esta manera puede brindar claridad al proceso y en especial permitirme dar nombre y apellido a muchas aportaciones. Sin embargo, también muchas veces utilizo el ‘nosotras’ refiriéndome específicamente al equipo formado por mis dos directoras de tesis, mi compañera docente y yo misma.

Las diferentes aportaciones las destaco por relevantes pero sobre todo porque puedo identificarlas aisladamente. Tampoco quisiera dejar sin enfatizar la participación en el proceso de otros docentes de la escuela primaria donde llevamos a cabo las unidades didácticas, compañeros/as docentes de la universidad, estudiantes y amigos/as que también colaboraron de forma significativa en la génesis y reflexión de las propuestas.

### **3.2. Tres ciclos de investigación – acción**

*“Deberás asumir que el riesgo, la duda, la incertidumbre, el conflicto y el desacuerdo son excelentes fuentes de aprendizaje en cualquier proceso de innovación”*

**Jaume Carbonell, 6º mandamiento para la innovación educativa**

Durante el proceso de investigación–acción buscamos la comprensión de nuestra práctica didáctica y nuestros propios procesos de investigación. Tal como menciona Elliott (2000:24):

“Esta comprensión no impone ninguna respuesta específica sino que indica, de manera más general, el tipo de respuesta adecuada. La comprensión no determina la acción adecuada, aunque la acción adecuada deba fundarse en la comprensión.”

Para exponer tanto las acciones como las ideas que se dieron en el proceso he identificado tres ciclos de investigación-acción que corresponden al diseño,

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

aplicación y reflexión de cada una de las unidades didácticas. Para organizar y comunicar el proceso seguido defino cuatro etapas por ciclo, que se diferencian por el tipo de actividad realizada en cada una. Antes de iniciar el primer ciclo explicito un planteamiento inicial con los supuestos de partida de la investigación. Los tres ciclos y sus fases los presento en la figura 3-1.

Las etapas de los ciclos son las siguientes:

1. **El punto de partida:** Explico las motivaciones, intenciones y decisiones de partida. Presento el acercamiento a la escuela, los participantes, as decisiones que guiaron el diseño y el planteamiento de la investigación.
2. **Planeación de la unidad didáctica:** Planteo la forma cómo se organizaron las actividades en la unidad didáctica, un bosquejo de los objetivos, actividades y resultados esperados.
3. **Ejecución de la unidad didáctica:** Presento la puesta en práctica de la propuesta didáctica en forma de unidad didáctica. Trato de explicitar en lo posible el ‘conocimiento en la acción’ y la ‘reflexión en la acción’.

Siguiendo a Schon (1992) el conocimiento en la acción se refiere al conocimiento profesional que los practicantes utilizan corrientemente, que está implícito en su acción, y que es, a menudo, difícil de describir. Se refiere al saber cómo hacerlo que revelamos en nuestra acción inteligente.

La reflexión en la acción es el proceso central del ‘arte’<sup>1</sup> por medio del cual los profesionales se relacionan con las situaciones ‘problemáticas’. Ocurre precisamente cuando una situación hace que el ‘stock’ de conocimiento del profesional (su conocimiento en acción) no sea ya adecuado.

Schon dice que la ‘reflexión en la acción’ surge cuando (Schon, en Carr, 1989:13):

“.. respuestas rutinarias dan como resultado una sorpresa... la sorpresa nos lleva a una reflexión dentro del tiempo real de la acción. Consideramos tanto el acontecimiento inesperado como la acción que nos ha llevado a él... La reflexión en la acción tiene una función crítica que cuestiona la estructura conceptual del conocimiento en acción. Reflexionamos críticamente sobre el pensamiento que nos ha llevado a este punto”.

---

<sup>1</sup> La ‘competencia artística’ según Schon, es un proceso no técnico en el cual los practicantes clarifican sus concepciones de la ‘situación problemática’ que se presentan de forma ‘indeterminada’, ‘confusa’ y ‘problemática’ y que surgen de un conflicto de valores. La ‘competencia artística’ les permite redefinir sus problemas en términos de los fines a conseguir como los medios para su consecución, para ello propone la investigación reflexiva.

3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

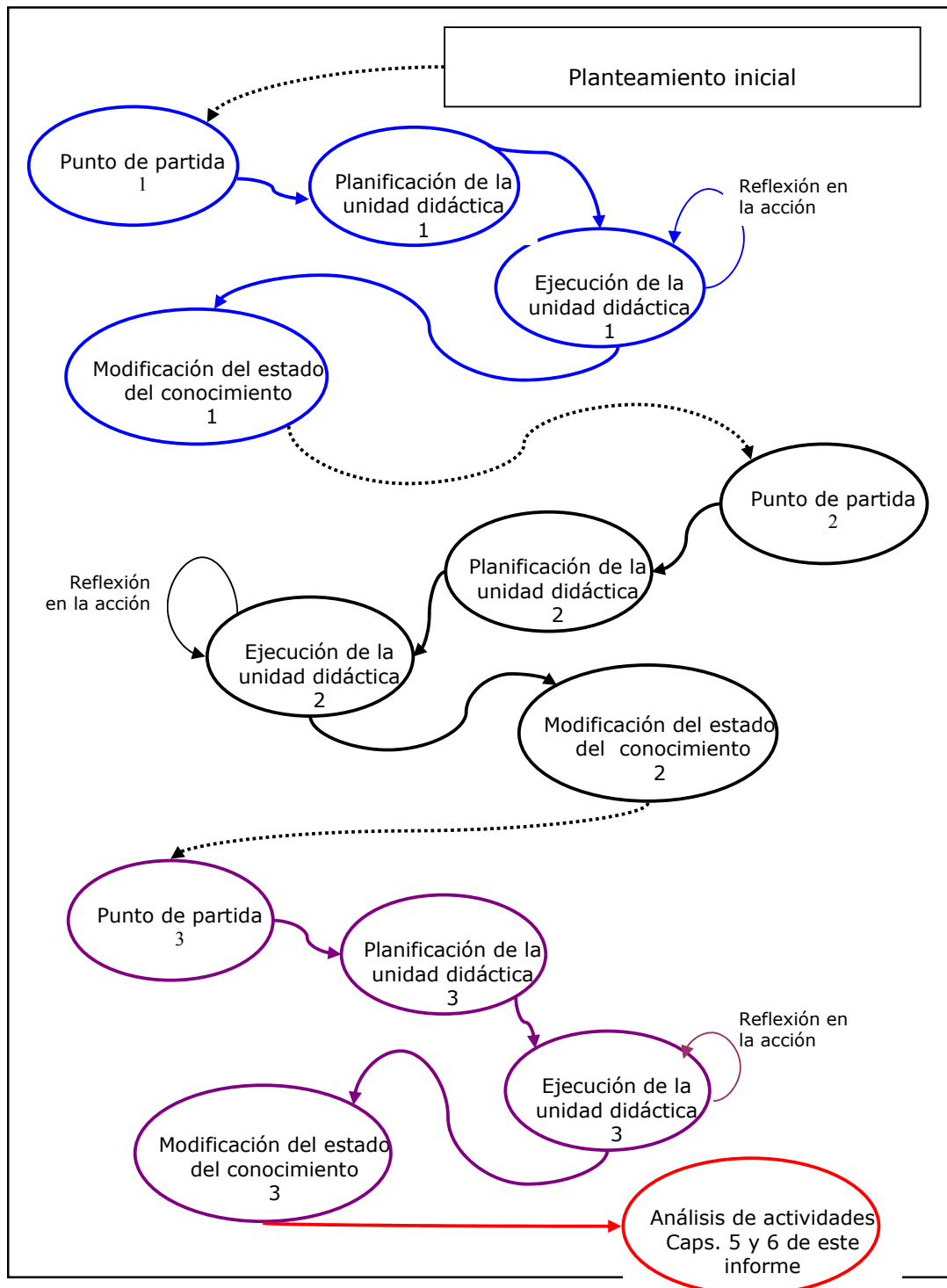


Figura 3-1. Diagrama que muestra los tres ciclos de investigación acción.

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

Así pues para Schon, la “reflexión en acción implica una reflexión sobre el conocimiento en acción”. El conocimiento implícito se hace explícito, se examina críticamente en función de los marcos teóricos de referencia, se reformula y se comprueba mediante la acción posterior. En este sentido la reflexión en la acción es un proceso investigativo a través del cual suceden, de manera simultánea, el desarrollo del conocimiento profesional y la mejora de la práctica profesional.

Nuevamente según Schon, (Schon, en Carr, 1989:14):

“Cuando uno reflexiona al actuar, se convierte en un investigador dentro del contexto práctico. No depende de las categorías de la teoría y de las técnicas establecidas, sino que constituye una teoría del caso único.... No separa los medios de los fines, sino que los define interactivamente como trama de la situación problemática...”

4. **Modificación del estado de conocimiento:** Durante las etapas anteriores se van estableciendo relaciones entre las experiencias, los resultados obtenidos y los marcos teóricos. Sin embargo, en esta fase, intento hacerlos explícitos, detectar los obstáculos y las vías encontradas para su superación. Este punto se puede considerar una reflexión holística, que retoma todo el ciclo sin separar teoría y práctica.

En esta etapa la mayor dificultad es la mezcla entre dimensiones de reflexión y los diversos aportes de terceras personas, que dificulta la exposición clara de causas y efectos. Para la modificación en el estado del conocimiento fue de suma importancia la revisión de implícitos, así como la ampliación del marco teórico y la reflexión respecto a la práctica. Esto llevó a un nuevo punto de partida emergente que daba como resultado la nueva propuesta y generaba el siguiente ciclo de investigación.

#### 3.2.1. Planteamiento inicial

A principios del año 2000, acordé con la Dra. Neus Sanmartí con relación a que el trabajo de investigación inicial se centraría en el planteamiento de la unidad didáctica que tuviera como finalidad el aprendizaje de un modelo que nos permitiera abordar de forma relacionada la educación ambiental, y justificarlo, explorando las posibilidades de investigación que guiaran la siguiente fase: la tesis de doctorado. El primer esquema que surgió ante estas intenciones de investigación lo presento en la figura 3-2.

Nos planteamos qué tema podría ser más relevante. Nos pareció que sería interesante trabajar con el *modelo de ser vivo*, pero *abordándolo desde la diversidad*, tanto porque desde esta perspectiva posibilita contrastar y comparar observaciones distintas, como porque la pérdida de biodiversidad es un problema ambiental

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

importante que, en cambio, no se trabaja en estas etapas de la escuela primaria. Pensamos que, además, posibilitaba abordarlo desde el estudio de distintas adaptaciones, aspecto que valoramos como importante y posible de trabajar con niños pequeños.

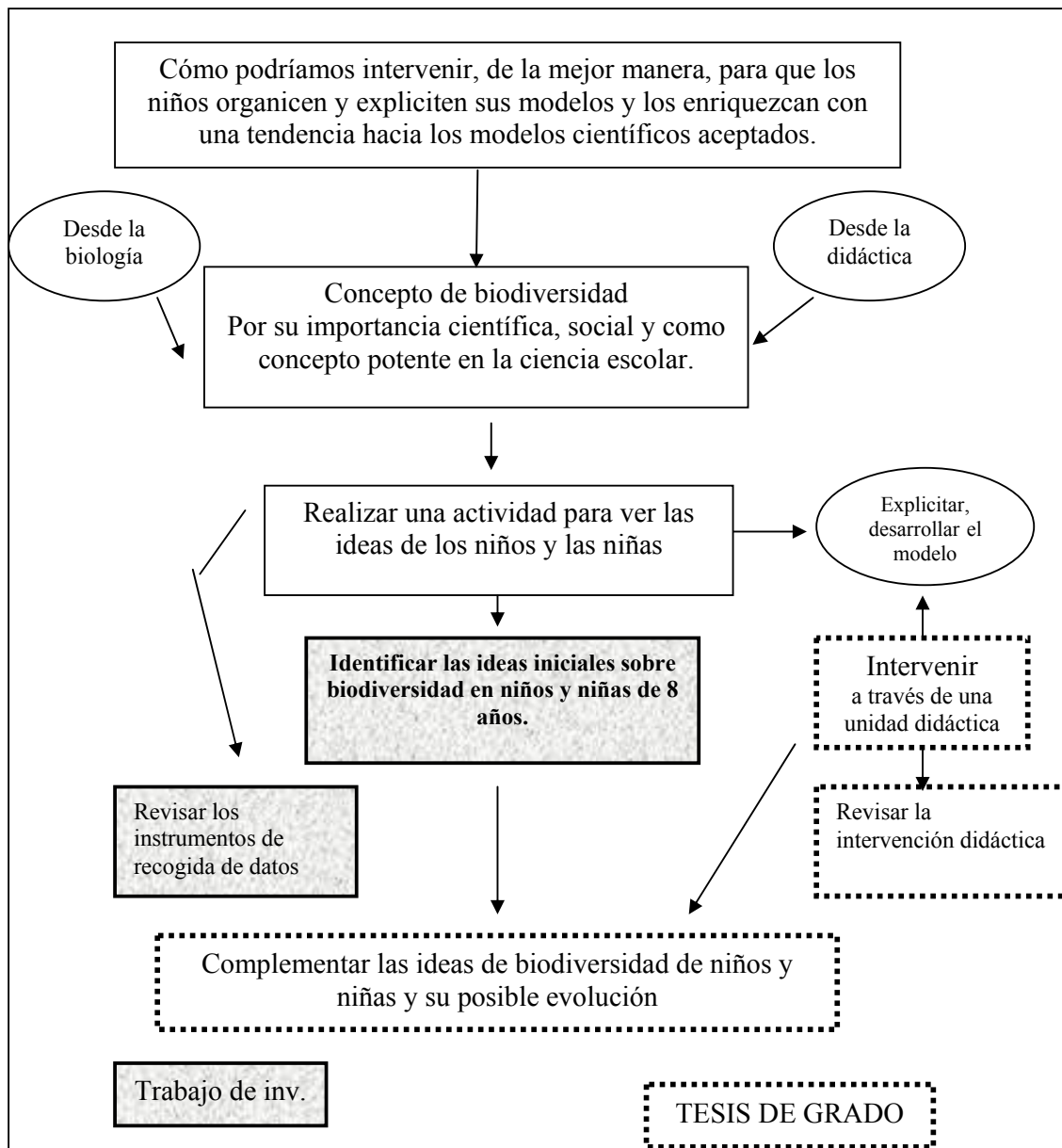


Figura 3-2. Primera propuesta para el diseño de una unidad didáctica para promover la construcción del modelo ser vivo.



### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

Al mismo tiempo planteamos que las actividades se organizarían a partir del *trabajo cooperativo*, orientado a la regulación mutua entre los propios escolares. Valoramos desde el inicio que la educación ambiental implica también el trabajo en el campo de los valores relacionados con la convivencia y con el desarrollo de la autonomía de los niños y niñas. Nos pareció por lo tanto que estas opciones metodológicas eran importantes, y que se habían de transformar en objetivos de aprendizaje.

En la revisión bibliográfica me interesé por los llamados *conceptos estructurantes en educación ambiental* (García, 1999), en los que la *diversidad* es considerada como uno de los conceptos básicos. Este ‘metaconcepto’ me pareció que acababa de dar sentido a la idea inicial de centrar el diseño de la unidad didáctica alrededor del estudio de la *biodiversidad*.

Del análisis de la bibliografía y de las conversaciones con la Dra. Rosa M. Pujol salió un primer esquema (figura 3-3), en el que planteamos las primeras relaciones y antagonismos que guiarían el diseño de la unidad didáctica.

Dado que nos interesaba trabajar con biodiversidad encontramos sugerente utilizar las perturbaciones ambientales como contexto para hablar sobre lo que sucede a los seres vivos. Lo anterior nos parecía atractivo también para analizar cómo los cambios ambientales ejercen una influencia en la biodiversidad de una zona y reflexionar en torno a la intensidad y periodicidad de dichos cambios y aquellos que son causados por la intervención humana, conectando así con aspectos de educación ambiental.

A partir de esta primera selección del contenido central del trabajo, se dio una evolución para irlo concretando. En ésta influyó un primer acercamiento con la escuela y las clases en las que se pensaba aplicar la unidad didáctica, los conocimientos previos de los niños y niñas y sus hábitos de trabajo, el tiempo disponible, conversaciones con los docentes titulares de los grupos y el propio desarrollo del trabajo que de alguna manera ‘impone’ una determinada lógica.

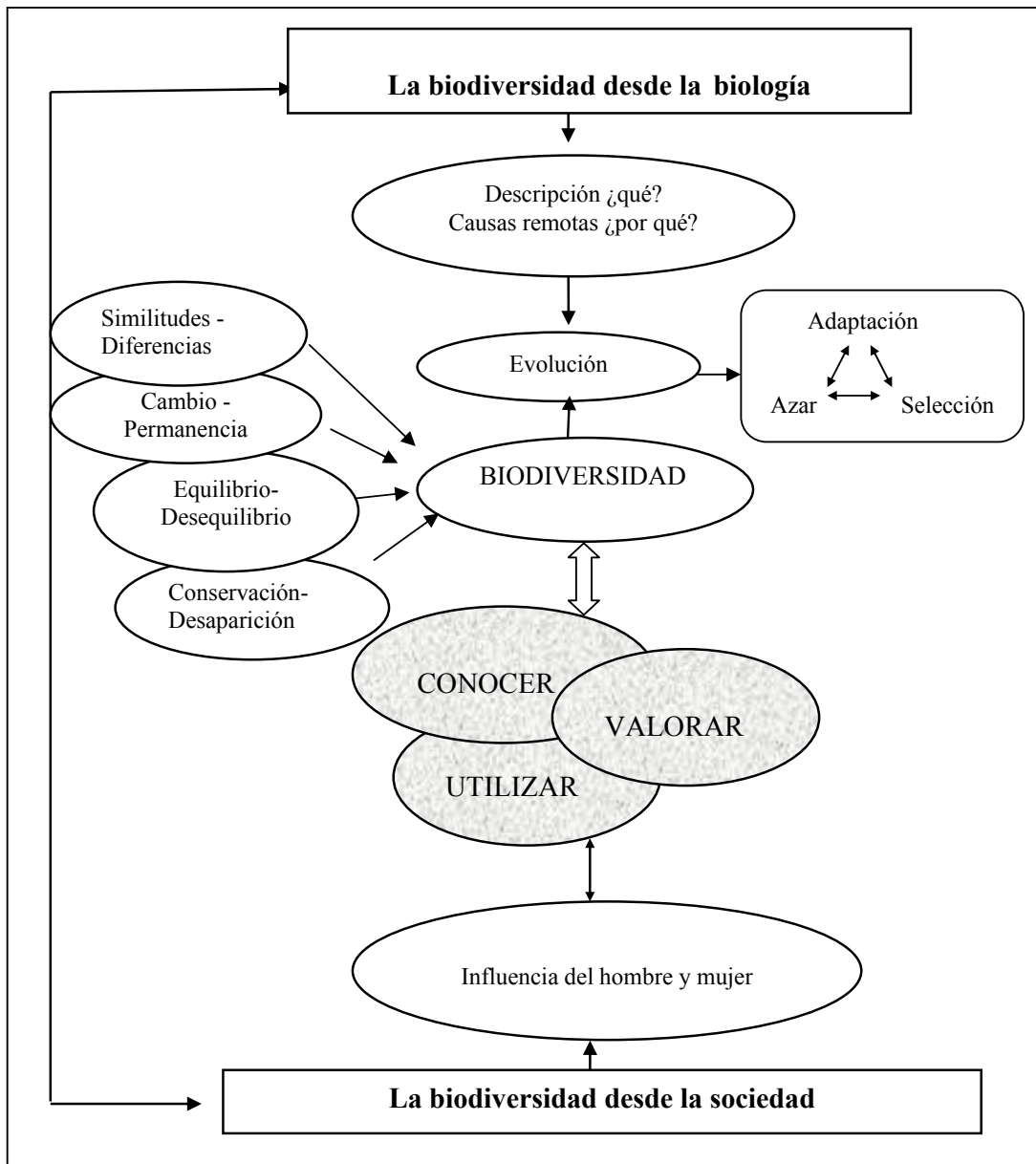
Esto nos llevó a replantearnos los objetivos de aprendizaje en la unidad didáctica y tomar la diversidad como carácter cualitativo de los seres vivos, y centrar el diseño en este contenido. Todo ello intentando no alejarnos de nuestro objetivo inicial que era el de encontrar una forma de integrar el contenido científico incluyendo la diversidad de la vida como característica cualitativa e inherente de la misma. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-1.

<b>Planteamiento inicial</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Diseñar y llevar al aula una unidad didáctica para nivel de primaria.</li><li>• Trabajar bajo el enfoque de modelización, con el modelo ser vivo, incorporando la diversidad.</li><li>• Interpretar un fenómeno de relevancia desde la ciencia y la sociedad: las perturbaciones ambientales.</li><li>• Intentar integrar los contenidos científicos y la educación ambiental, así guiar el diseño de la unidad utilizando conceptos estructurantes, específicamente la diversidad.</li></ul>

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

- Utilizar una maqueta como representación de un fenómeno complejo.
- Priorizar el trabajo cooperativo como forma de organización y de interacción social en el aula.

**Cuadro 3-1. Resumen del planteamiento inicial.**



**Figura 3-3. Primeros planteamientos para diseñar la primera unidad didáctica.**

### **3.2.2. Primer ciclo de investigación – acción**

En abril del 2000, junto con mis directoras de tesis empecé a diseñar la primera unidad didáctica para aplicarse en una escuela primaria, a la cual llamamos: *Los seres vivos: unidad-diversidad*. Inicié un esbozo de la misma y al mismo tiempo comencé a buscar información sobre biodiversidad y a elaborar un marco de referencia teórico.

#### **3.2.2.1. Punto de partida en la primera unidad didáctica**

En el primer diseño general de la unidad didáctica decidimos no perder de vista los aspectos de educación ambiental, el trabajo cooperativo en el aula, la importancia de la autorregulación, el papel del lenguaje y de la modelización, todo ello en coherencia con la línea de investigación del departamento de didáctica de las matemáticas y las ciencias experimentales de la UAB. En este diseño base, la discusión con mis directoras de tesis dio mayor coherencia a la propuesta en los aspectos didácticos y científicos y de aplicabilidad al aula, además de valiosas sugerencias para hacerla atractiva a profesores y escolares.

- **El contacto con la escuela**

Paralelamente propusimos a la Escuela Coves d'en Cimany, situada en Barcelona, la posibilidad de aplicar la unidad didáctica. La escuela iniciaba un seminario con el objetivo de revisar la programación de los contenidos de ciencias que se enseñaban en la escuela, que coordinaría la Dra. Sanmartí, y nos pareció que era una ocasión idónea para interrelacionar la formación de los profesores y la investigación didáctica.

Al consultar con la coordinadora de ciencias, la profesora Teresa Pigrau, y con las profesoras y profesores de la escuela de ciclo básico, nos recomendaron aplicar la unidad en el curso cuyo programa previo mejor se adaptaba a la propuesta: el de 3º, en el cual ya estaba previsto el estudio de la clasificación de los seres vivos. Además, consideramos que las necesidades de investigación en este nivel escolar y la factibilidad de la aplicación de la propuesta con ese grupo de edad eran adecuados.

La maestra Concha Saludos y el maestro Avelí Carbajal, titulares de los dos grupos de tercero existentes en la escuela, accedieron a participar en este proyecto y llevar a su aula la propuesta.

Al hablar de ello los dos profesores consideraron conveniente que yo estuviera a cargo de las actividades y ellos apoyarían el trabajo que se fuera realizando. Este acuerdo se debió principalmente a que consideraban que yo tendría más claros los objetivos de la propuesta y un mejor conocimiento de los contenidos. Ello no fue impedimento para que en la aplicación de la unidad didáctica recogiera muchas de sus ideas, ya que no me quedaba duda de su amplia experiencia en la enseñanza y su

conocimiento de los escolares y también de la tradición de trabajo en esta escuela específica.

En el primer intercambio de ideas con los profesores determinamos el tiempo y recursos disponibles, y ellos me dieron información sobre los antecedentes de los escolares. La unidad didáctica debía durar dos meses y se realizaría a partir de octubre del 2000. En cuanto a la formación de los grupos cooperativos y contratos didácticos, la profesora Teresa Pigrau se responsabilizaría de su organización.

- **Los participantes**

Los grupos escolares

Los dos grupos estaban compuestos por escolares cuyas edades fluctuaban entre 8 y 10 años, eran muy distintos en cuanto a su forma de trabajo y características generales, a grandes rasgos se describirán aquí como el grupo 3a y el 3b.

*Grupo 3a*

Estaba compuesto por 21 escolares, 9 niños y 12 niñas. El grupo era en términos generales tranquilo. Los escolares eran poco espontáneos aunque participativos y con buena disposición a las actividades cooperativas, aplicar una metodología propuesta por la docente y implicarse en la tareas, podían resolver sus conflictos con facilidad de forma autónoma.

*Grupo 3b*

Estaba compuesto por 18 escolares, ocho niñas, y diez niños. El grupo era inquieto, participativo y con ideas creativas y divergentes. Los escolares se desconcentraban fácilmente y surgían conflictos, presentando algunas conductas agresivas y poca tolerancia entre compañeros, suscitándose con facilidad desacuerdos y divergencias que difícilmente solucionaban sin ayuda externa, tenían poca disposición al trabajo cooperativo.

Los docentes e investigadoras

Las participantes seríamos tres investigadoras: yo misma y mis dos directoras de tesis; las clases las impartiría yo misma con la participación de los docentes Avelino Carvajal y Concha Saludos responsables de los grupos y la docente Teresa Pigrau, coordinadora del área de ciencias de la escuela que nos apoyaría especialmente con el trabajo cooperativo en el aula. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-2.

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

<b>Punto de partida 1</b> <b>El contacto con la escuela</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La unidad didáctica se aplicaría en la escuela Coves d'en Cimany.</li><li>• Se dirigirá a los dos grupos existentes de tercer grado de primaria.</li><li>• El profesor y profesora encargados de los grupos solicitaron que fuera yo misma quien llevara las clases de aula con su apoyo constante, así que personalmente realizaré las actividades con los escolares.</li></ul>

**Cuadro 3-2. Resumen del punto de partida 1.**

- **Decisiones que guiaron el diseño**

En el primer diseño de la unidad didáctica acordamos centrarlo en un medio en el cual se producen perturbaciones y, tal como se hemos indicado, se pensó en simularlas a través de la elaboración de una maqueta. La primera decisión fue sobre qué realidad 'modelizar'.

En un primer momento pensamos partir del entorno de la escuela (situada en el barrio del Carmelo de Barcelona). Posteriormente consideramos el hecho de que la escuela está frente la Sierra de Collserola, así que nos pareció más adecuado este entorno, ya que también era conocido por los niños y niñas y la vegetación estaba menos impactada por la presencia humana. Al mismo tiempo mis directoras tenían experiencia con este entorno y conocían el centro de educación ambiental 'Can Coll' y 'Mas Pins' que realizan actividades en forma coordinada con las escuelas y disponen de material didáctico que podría adaptar a mis necesidades.

El bosque de Collserola sería entonces el que representaríamos en la maqueta realizada con los escolares. Presentamos un resumen de lo anterior en el cuadro 3-3.

<b>Punto de partida 1</b> <b>Decisiones que guiaron el diseño</b>
Respecto al planteamiento de los objetivos de enseñanza <ul style="list-style-type: none"><li>• Interpretar perturbaciones en el medio.</li><li>• Construir con los escolares una visión sistémica de los seres vivos en relación con el medio.</li></ul> Respecto a las actividades y metodología de trabajo en el aula. <ul style="list-style-type: none"><li>• Trabajar en el entorno del bosque de Collserola.</li><li>• Se realizará una maqueta con los escolares donde representaremos este bosque.</li></ul>

**Cuadro 3-3. Resumen del punto de partida 1.**

- **Planteamiento de la investigación**

Paralelamente a las decisiones que se tomaban respecto a la planificación y ejecución de la unidad didáctica, íbamos también tomando decisiones respecto a los planteamientos de la investigación. Estos dos aspectos siempre se condicionaron

mutuamente, sin embargo, en lo posible iré haciendo una diferenciación para poder darles seguimiento.

Como primer guía de intenciones y objetivos en la investigación, tras las discusiones con mis directoras de tesis quedo planteado lo siguiente:

Analizaría el proceso de modelización en la propuesta didáctica llevada al aula en la escuela primaria, en la que se promoviera la construcción de un modelo de ser vivo tomando en cuenta especialmente su diversidad, y que incluyera aspectos de educación ambiental como eje transversal.

Para ello durante la unidad didáctica grabaría las conversaciones en cintas de audio y recopilaría las actividades elaboradas por los escolares, que servirían como datos. Cabe mencionar que no tenía categorías pre-establecidas para el análisis. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-4.

<b>Punto de partida 1</b>
<b>Decisiones que guiaron la investigación</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Analizar el proceso de modelización en el aula.</li><li>• Grabar las conversaciones y recopilar los trabajos de los escolares como datos.</li><li>• Analizar los resultados para realizar el trabajo de investigación como parte de mi formación en el programa de doctorado.</li><li>• Realizar una segunda aplicación de la unidad didáctica, partiendo de la experiencia de ésta primera, que sería analizada en la tesis de doctorado.</li></ul>

**Cuadro 3-4. Resumen del punto de partida 1.**

### **3.2.2.2. Planificación de la primera unidad didáctica**

Decidí dividir la unidad didáctica en dos secuencias: la primera la construcción de la maqueta propiamente dicha, en la que se trabajaría sobre la familiarización de los seres vivos que vivían en el bosque, y la segunda su manipulación bajo tres hipótesis de perturbación: incendio, construcción de carreteras y tormenta. La pregunta que guiaría la segunda parte de la unidad sería ¿Qué sucede con los seres vivos en el bosque de Collserola cuando hay una perturbación?

En la primera secuencia el objetivo de aprendizaje era el que los escolares se familiarizaran con las características que comparten todos los seres vivos, pero utilizando diversos grupos de seres vivos y ubicándoles en su ambiente natural y siempre en estrecha relación con él.

Para su concreción en el aula pensamos en un gran número de actividades posibles a realizar, que por razones obvias de tiempo se tuvieron que seleccionar. También pensamos en los materiales y la posible conveniencia de su relación con

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

características de los seres vivos a representar. Para la determinación final de los materiales a utilizar fue de gran ayuda la orientación del maestro Francisco Merino sobre las características de los materiales y su uso específico en la representación de la maqueta que queríamos lograr.

En la introducción del tema nos pareció que podía ser de interés aprovechar el hecho de que mi origen –México-, podría ayudar a situar a los niños y niñas a reconocer que cada medio tiene unas características que condicionan la existencia de unos seres vivos u otros y también ser un medio de motivación. Sería su maestra por unos días, hablaría en castellano, aunque las actividades escritas estarían en catalán y utilizaríamos los dos idiomas según nuestras posibilidades y necesidades. Así les podría ayudar a establecer relaciones con otra realidad, distinta, pero que se puede analizar con las mismas ideas que iban a aprender. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-5.

<b>Planificación 1</b>
<b>Planificación de actividades</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La unidad se dividirá en dos secuencias: elaboración de la maqueta y manipulación.</li><li>• Yo utilizaré el castellano y los docentes encargados del grupo el catalán.</li><li>• Iniciaremos las actividades partiendo de mi origen como mexicana y plantearemos la diversidad y las condiciones cambiantes el medio.</li><li>• Utilizaremos diversos materiales disponibles para representar a los seres vivos</li></ul>

**Cuadro 3-5. Resumen de la planificación 1.**

#### **3.2.2.3. Ejecución de la primera unidad didáctica**

A partir de este primer diseño general inicie el trabajo en el aula. Este diseño-base me sirvió de guía, sin embargo, la propia puesta en práctica fue muy dinámica, adaptándonos a la realidad del trabajo en el aula y tratando de considerar las numerosas reflexiones de los participantes. Las actividades realizadas se presentan en la figura 3-4.

En este sentido es necesario destacar la discusión constante con mis directoras de tesis y los intercambios con los profesores titulares de los grupos relacionada con la secuencia y tipo de actividades, sobre los resultados obtenidos con los escolares tras cada actividad y la forma de organizar el trabajo cooperativo, así como del diseño mismo de la investigación. Sin olvidar que las actitudes y sugerencias de los niños y niñas de tercer año de la escuela Coves d'en Cimany, también condicionaron la evolución del diseño.

**UNIDAD DIDÁCTICA 1: “SERES VIVOS: UNIDAD-DIVERSIDAD”**

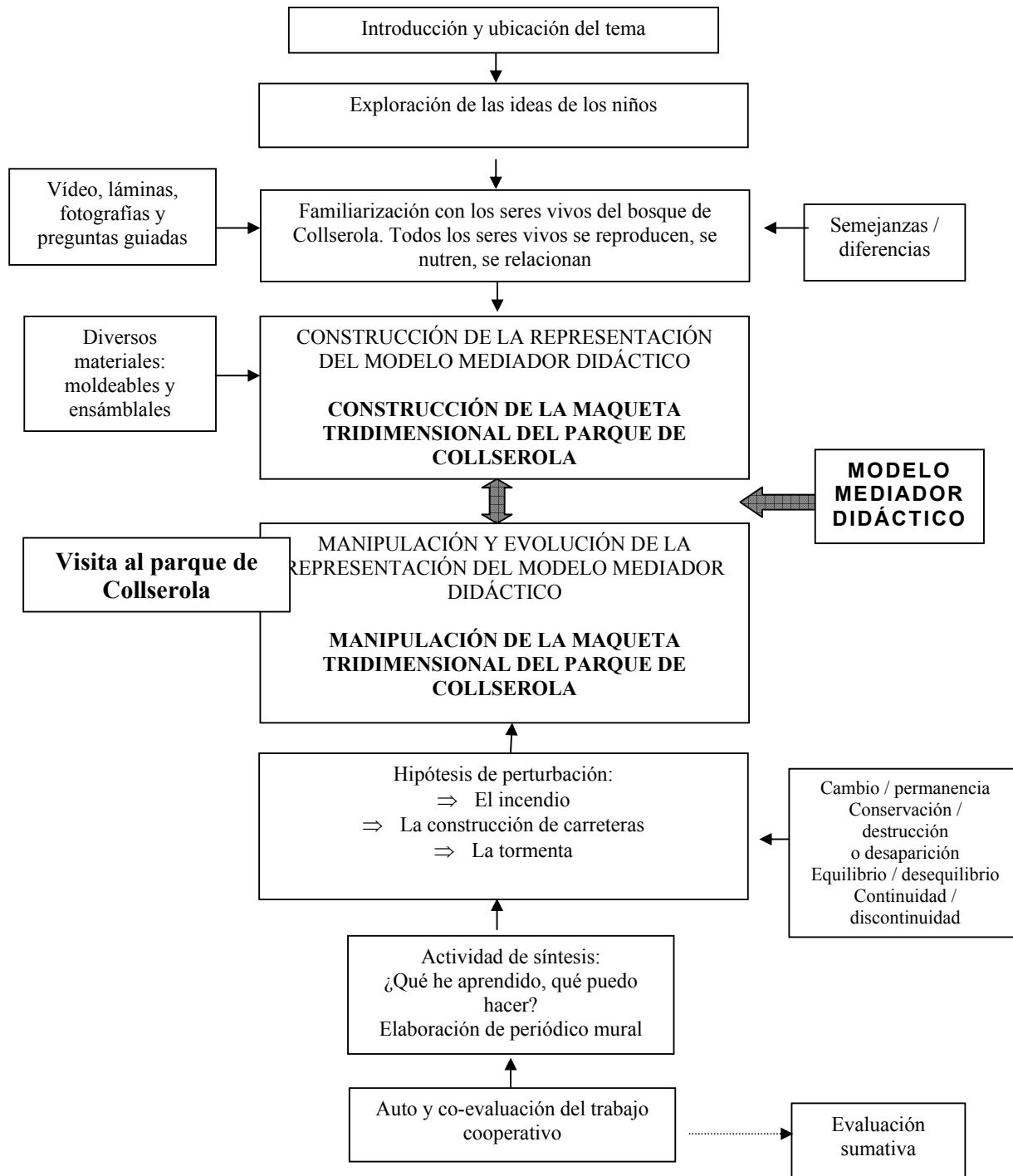


Figura 3-4. Actividades realizadas en la primera unidad didáctica (Tomado de Gómez, 2002).



### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

Para la realización de la maqueta los escolares se dividieron en cuatro equipos cooperativos. Cada equipo elaboró los prototipos de un grupo de animales: mamíferos, aves, reptiles e insectos. Las plantas fueron hechas por todos los equipos.

La maqueta se manipuló bajo tres hipótesis de perturbaciones: los incendios, construcción de carreteras y la tormenta. Para cada una se simuló las condiciones en la maqueta y posteriormente los escolares realizaron una redacción.

Las sesiones se ejecutaron durante trece días en periodos de una hora en el horario de clase asignado a 'conocimiento del medio'. También se realizó una visita de medio día al parque de Collserola.

En esta unidad didáctica los escolares realizaron varios ejercicios de forma cooperativa, procurando que inicialmente trabajaran de forma individual y posteriormente en grupo, de manera que se regulara la producción del trabajo cooperativo final.

En el anexo I presentamos la primera unidad didáctica, con una introducción del análisis del uso del concepto de biodiversidad, la descripción de las actividades por sesión y el calendario de las mismas. Presentamos un resumen de lo anterior en el cuadro 3-6.

<b>Ejecución 1</b>
<b>Realización de las actividades</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Los escolares divididos en cuatro equipos cooperativos elaboraron plantas diversas y mamíferos, aves, reptiles e insectos.</li><li>• Se manipuló la maqueta bajo tres hipótesis de perturbación: incendio, construcción de carreteras y tormenta.</li><li>• Estas perturbaciones se simuló de forma sencilla y la interacción de los escolares con la maqueta fue relativamente baja.</li><li>• Después de cada actividad de manipulación los escolares realizaron una redacción explicando qué sucedía con los seres vivos en el bosque.</li><li>• Se dio énfasis en el trabajo cooperativo y la auto evaluación.</li></ul>

**Cuadro 3-6. Resumen de la ejecución 1.**

#### **3.2.2.4. Modificación del estado del conocimiento de la primera unidad didáctica**

En la reflexión tanto de lo que sucedió en el aula, como de los resultados obtenidos fue de primordial importancia la realización y presentación de un trabajo de investigación dentro del programa de doctorado. Fue a raíz de la reflexión surgida en este trabajo que planteamos un nuevo ciclo de investigación. Para explicitar el cambio de estado del conocimiento a continuación esbozo dos aspectos: la reflexión

de los objetivos y formas en que se realizó la primera unidad didáctica y la reflexión en torno a los resultados obtenidos, la problemática planteada y la toma de decisiones.

#### *Reflexión de la primera unidad didáctica*

La realización del trabajo de investigación era un requisito en mi formación. Una vez realizada la unidad didáctica me encontré con un amplio material para la reflexión y por lo tanto numerosos estudios y proyectos posibles. Los objetivos de la investigación fueron modificándose y sobre todo concretándose durante el proceso de diseño y aplicación de la unidad didáctica.

En un principio tenía claro que nuestra intención era analizar una experiencia en el aula que nos pareciera valiosa desde la educación ambiental y la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, desde que comenzamos el trabajo fue evidente que existían múltiples enfoques para dicho análisis.

En esta etapa las discusiones con los Dres. Oscar Tamayo y Agustín Adúriz-Bravo que trabajaban con modelización y con la profesora Marta Guillames y Nora Bahamonde que trabajaban con aplicaciones didácticas en el aula, fueron importantes para establecer posibles preguntas de análisis.

Posteriormente en la discusión con la Dra. Neus Sanmartí que me dirigía en el trabajo de investigación decidimos plantear una pregunta exploratoria centrada en intentar comprender cómo a partir de las interacciones entre los escolares al manipular la maqueta del bosque, éstos van argumentando y construyendo interpretaciones. Nos propusimos identificar cuál era la función de la maqueta y cómo ésta funcionaba a manera de un mediador didáctico para facilitar la argumentación y la regulación de las ideas, relacionándola con una representación de un fenómeno relevante desde el punto de vista ambiental.

Ello implicó que nos ubicamos en un enfoque teórico de construcción de modelos de ciencia escolar interrelacionado con los estudios sobre construcción social del conocimiento.

Para la construcción de este enfoque tomamos en cuenta la línea de investigación sobre desarrollo de unidades didácticas y autorregulación del aprendizaje, dirigida por la Dra. Neus Sanmartí y en especial sobre la función del lenguaje como mediador y de la regulación como herramienta para la construcción de las ideas.

Otra línea importante fue la proveniente de la investigación sobre ciencia escolar y modelización, coordinado por la Dra. Mercé Izquierdo y en la que se maneja la idea de que lenguaje, pensamiento y acción son interdependientes en el desarrollo del modelo y la importancia de la relación entre modelo y hecho del mundo. También en la misma línea, las sugerencias y trabajos del Dr. Agustín Adúriz-Bravo, con quien

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

discutí la función mediadora de la maqueta quien me introdujo a la idea de modelo analógico.

Para la reflexión en los aspectos relacionados con la biología la discusión y lectura de las publicaciones de las Dras. Rosa María Pujol y Pilar García resultaron básica, para poner énfasis en las tres funciones que caracterizan el modelo ser vivo y la importancia de considerarlas en relación con el medio y abordándolas desde una perspectiva no lineal y determinista. Con el Dr. Hector Reyes discutimos aspectos relacionados con la biodiversidad y los diferentes enfoques teóricos desde la cual ésta puede enfocarse.

También me pareció importante empezar a integrar, por su interés para enfocar los aspectos biológicos y su posible relación con el desarrollo de una forma más sistémica de ver la realidad y los seres vivos en interacción con el medio, la línea de investigación sobre la complejidad desarrollada en el grupo COMPLEX coordinado por la Dra. Rosa María Pujol.

Par el análisis de los datos, y en relación a los aspectos metodológicos un apoyo para empezar a comprender y aplicar el enfoque cualitativo provino de las conversaciones con la Dra. Mariona Espinet.

El resultado de esta reflexión conjunta fue el trabajo: “Reflexiones sobre la utilización de un *modelo mediador didáctico* como herramienta auxiliar en la construcción del modelo de ser vivo en niños y niñas de nueve años”, presentado en el marco del programa de doctorado del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y la Matemática, de la Universidad Autónoma de Barcelona, en marzo del 2002. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-7.

<b>Modificación del estado del conocimiento 1</b>
<b>Primera reflexión de lo ocurrido</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Reflexión de la unidad didáctica desde la perspectiva de la modelización, dando énfasis al uso del lenguaje y la regulación.</li><li>• Análisis las actividades desde la construcción de una visión sistémica de los seres vivos.</li></ul>

**Cuadro 3-7. Resumen de la modificación del estado del conocimiento 1.**

#### *Reflexión sobre los resultados obtenidos, problemática plantada y toma de decisiones*

Para finalizar este ciclo reflexionamos sobre diferentes aspectos del proceso, algunas reflexiones quedaron registradas en el informe de investigación citado anteriormente (Gómez, 2002). En este trabajo profundizamos en dos aspectos básicos. Primero la conceptualización de la maqueta, en la que generamos la hipótesis de que ésta funcionó como un mediador didáctico, y estaba relacionada con la construcción del modelo de forma paulatina y en interacción entre escolares y con las docentes y en

especial con la utilización del lenguaje y la regulación de las ideas que se iban generando. Con ello se perfiló entonces una hipótesis que guiaría en adelante nuestro trabajo de investigación.

El segundo aspecto fue el análisis de dos actividades elaboradas por los escolares, una de exploración de sus ideas de partida y otra de redacción después del ejercicio sobre construcción de carreteras en la maqueta.

Ante estas reflexiones, las conversaciones con miembros del equipo de profesoras de la universidad, así como mi propia reflexión sobre lo que había observado y sentido al impartir las clases a los escolares, surgieron diversas consideraciones, que indico a continuación.

*a) Respecto a la construcción del modelo:*

*a.1. Problemática planteada*

Nos preguntamos cuál era el modelo se había construido en el aula. Observamos que trabajamos sobre las relaciones que los *organismos* como individuos establecen con el medio en que viven, pudiendo hablar del modelo ‘ser vivo-organismo’ y también las relaciones que se establecen entre las comunidades de seres vivos y su medio, pudiendo hablar de modelo ‘ser vivo- ecosistema’. En adelante les llamare modelo ser vivo al primero y modelo ecosistema al segundo.

Al analizar la primera unidad didáctica encontramos que el modelo construido por los escolares al utilizar la maqueta, incorporó las relaciones derivadas del modelo científico escolar ser vivo. Sin embargo, también se identificaron relaciones derivadas del modelo ecosistema.

Ello se debió a que al trabajar con los escolares las tres funciones en diferentes grupos de seres vivos, ubicándolos en un bosque y en dependencia de las condiciones del medio, se trabajó también el modelo ecosistema de una manera natural y muy relacionada con el modelo ser vivo.

Así, en algunos de los ejercicios finales, pudimos observar cómo los escolares explicaban con argumentos que podrían identificarse con un modelo de ecosistema y en otros con argumentos que pueden identificarse desde el modelo de ser vivo y comprobamos que para los escolares, no parecía haber ninguna diferencia entre situar sus explicaciones a nivel de organismo o a nivel de comunidad, dependiendo, probablemente, de las finalidades de su explicación (Gómez, 2002).

Tras la reflexión encontré que no preví esta mezcla de modelos y, tanto en la planificación de las actividades realizadas, como su gestión en el aula, no establecí de forma explícita este tipo de diferenciación. Con mis directoras de tesis consideramos que debíamos incidir en este aspecto en nuestra próxima intervención en el aula. Algunas de las preguntas que me planteé fueron:

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

¿Debemos elegir entre los dos modelos y trabajar en el aula sólo uno?

¿Cómo manejar una perspectiva de biodiversidad y a la vez trabajar sólo el modelo ser vivo o sólo el modelo ecosistema?

¿Podemos construir con los escolares el modelo ecosistema sin haber construido el de ser vivo?

¿Cuáles son las ventajas, o desventajas, de elegir un sólo modelo o de trabajar los dos en el aula?

#### *a.2. Aspectos teóricos que ayudaron a la reflexión*

Desde la ecología como ciencia de integración de modelos:

Para la reflexión en torno a esta problemática y para tomar decisiones sobre una segunda puesta en práctica de la unidad, fue de utilidad la lectura del libro ‘Ecología de la vegetación’ del Dr. Jaume Terradas (2001).

En él se propone una nueva ecología integrando los paradigmas holístico e individualista. Yo coincidía con su propuesta y encontraba sugerentes múltiples aspectos sobre los que él llama la atención, ya que me parecía que coincidían con nuestra propuesta para trabajar en el aula. Uno de ellos se refería a la necesidad de considerar las características específicas de las especies para interpretar su respuesta a las perturbaciones ambientales. Otro a la propuesta de integración de modelos desde la ecología. En este caso se acercaba a mi duda sobre la conveniencia de trabajar un solo modelo o dos en el aula, así que nos interesaron las reflexiones de Terradas (2001:96) en relación a que:

“La ecología debe arriesgarse a considerar los fenómenos a múltiples escalas y tratar de integrar los modelos obtenidos para cada una además de considerar la heterogeneidad desde el punto de vista de la especie; no es posible ocultar que la heterogeneidad, como ya hemos dicho, es un problema de escala, es decir, de percepción por nuestra parte. (...)

Luego, podemos plantearnos el problema de los cambios de escala: por ejemplo, de qué modo nuestras observaciones sobre las hojas (y los modelos teóricos que desarrollemos a partir de ellas) pueden emplearse para explicar pautas heterogéneas en el tiempo y en el espacio que aparecen en las comunidades, cómo podemos emplear los modelos desarrollados para las comunidades en la explicación de pautas de paisaje, etc.”.

Desde la historia de la ciencia:

Por otra parte, si tomamos como guía el desarrollo de las ideas en la historia de la ciencia, podría ser necesario construir las relaciones del modelo de ser vivo, para después hablar de relaciones a nivel comunidad.

Un elemento a considerar es que para la visión actual de ser vivo, resultó de suma importancia el surgimiento de la idea de continuidad en la naturaleza, en términos Darwinianos, dándose un desplazamiento en el objeto de estudio: la sustitución de las especies (en tanto objeto único de estudio, pues continuaba siendo heurístico) por el de individuo en la observación de la naturaleza. De este modo, en lugar de pensar en entidades creadas de una vez por todas – especies-, los investigadores empiezan a concebir a los individuos como entidades independientes (Giordan, *et al.*, 1998).

Vemos como la transformación de las ideas define nuevos objetos de estudio o nuevos focos de observación. Así la biología surge a partir del estudio de los individuos en la naturaleza. Sin embargo, la ecología surge posteriormente en la historia de la ciencia, al desplazar el objeto de estudio de los individuos, a las comunidades. La ecología resulta ser una ciencia relativamente nueva en la historia, y es considerada una ciencia de integración. Así, en la historia de la ciencia el modelo ser vivo resulta necesario y antecedente para construir el modelo ecosistema.

### *a.3. Decisiones tomadas*

Encontramos que podía resultar polémica una división entre modelo ser vivo y modelo ecosistema. Estos modelos contienen ideas claves similares que son trabajadas a diferente nivel de organización y de hecho los consideramos complementarios. Sin embargo, para fines prácticos de diseño de actividades en el aula, nos pareció útil distinguir los dos modelos ya que esto nos podría dar elementos para la toma de decisiones.

Por lo anterior y tomando en cuenta las dos aportaciones mencionadas anteriormente, consideramos conveniente centrarnos en la construcción del modelo de ser vivo, sin descartar el establecimiento de conexiones con el modelo ecosistema, como zooms o acercamientos, que nos permitieran acceder a una escala de observación más amplia. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-8.

<b>Modificación del estado del conocimiento 1</b>
<b>Respecto al modelo a construir</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemática encontrada: Poca distinción entre las ideas aplicadas a diferentes niveles de organización: modelos ‘ser vivo’ y modelo ‘ecosistema’</li> <li>• Ampliación del marco teórico:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terradas (2001), la ecología ciencia de integración de modelos generados a diferentes niveles: organismos – comunidades - ecosistemas</li> <li>- Historia de la ciencia, construcción del modelo ser vivo precedente al modelo ecosistema.</li> </ul> </li> <li>• Decisiones tomadas:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Centramos en el modelo ser vivo, pero siempre de forma relacionada con su medio de tal suerte que nos permita la interpretación de perturbaciones.</li> <li>- Utilizar tres niveles de organización: micro, meso y macro. Para organizar las actividades e ideas de los escolares.</li> </ul> </li> </ul>

**Cuadro 3-8. Resumen de la modificación del estado del conocimiento 1.**

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

#### *b) Respecto a la construcción y manipulación de la maqueta:*

##### *b.1. Problemática planteada*

Para elaborar los seres vivos, especialmente las plantas, no realizamos actividades previas de reconocimiento de los grupos y además permitimos a los escolares elegir libremente de entre un grupo variado de materiales. El resultado fue que, dado que los escolares conocían poco las plantas mediterráneas, sus prototipos no eran reconocibles a nivel de especie. Esto conllevó que la argumentación tanto en el montaje como en la manipulación de la maqueta fuera muy general y no se reconociera este grupo desde su diversidad.

Un segundo aspecto encontrado fue reflexionar en relación al hecho de que trabajar tres perturbaciones en una unidad didáctica, podría ser demasiado, ya que no permitía realizar una interpretación significativa de ninguna.

##### *b.2. Aspectos teóricos que ayudaron a la reflexión*

En sus libros Terradas (1996, 2001) llama la atención sobre la importancia actual del estudio y comprensión de las perturbaciones ambientales, especialmente de los incendios forestales en la zona mediterránea.

Un segundo aspecto fue la valoración de trabajar pocos aspectos en el aula, pero de forma más relacionada y a mayor profundidad.

##### *b.3. Decisiones tomadas*

En función a lo anterior decidí planificar cuidadosamente el diseño de los prototipos de seres vivos que permitieran a los escolares identificar a los seres vivos que se colocarían en la maqueta, poniendo especial atención en las plantas; por otra parte manipular la maqueta bajo una sola perturbación: el incendio forestal. Al mismo tiempo y de acuerdo a nuestra hipótesis de que la maqueta funcionaba como un mediador, promover una mayor manipulación de la misma. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-9.

<b>Modificación del estado del conocimiento 1</b>
<b>Respecto a la actividad en el aula</b>
Problemática encontrada: <ul style="list-style-type: none"><li>● Falta de reconocimiento de las especies vegetales en la maqueta.</li><li>● Exceso de perturbaciones tratadas en el aula</li><li>● Ampliación del marco teórico:<ul style="list-style-type: none"><li>- Terradas (2001), la interpretación de las perturbaciones es un tema actual e importante</li></ul></li></ul>

en la comprensión de los ecosistemas, especialmente el incendio forestal en las zonas mediterráneas.

Decisiones tomadas:

- Elaborar prototipos reconocibles por los escolares
- Solamente trabajar la perturbación del incendio forestal

**Cuadro 3-9. Resumen de la modificación del estado del conocimiento 1.**

### **3.2.3. Segundo ciclo de investigación – acción**

Este ciclo se inicio en marzo de 2001 y al lado de mis directoras de tesis comenzamos el diseño de la segunda unidad didáctica para aplicarse en una escuela primaria, a la cual llamamos: *Los seres vivos en su medio*.

#### **3.2.3.1. Punto de partida en la segunda unidad didáctica**

Tomaríamos en consideración las reflexiones y la experiencia de la primera e iniciaríamos un nuevo proceso.

- **El contacto con la escuela**

La Escuela Coves d'en Cimany nos invitó a trabajar en colaboración con ellos nuevamente. En esta ocasión me propusieron trabajar con los dos grupos de 5º año de primaria, debido a que era la profesora Teresa Pigrau la que llevaría los cursos de ciencias y quien estaba muy interesada en participar en la unidad didáctica planteada. Ella me propuso llevar personalmente las clases y también participaría directamente con el grupo dado su conocimiento tanto de los escolares como por su experiencia como profesora.

La Dra. Neus Sanmartí seguía colaborando con la escuela como asesora del seminario sobre enseñanza de las ciencias, en el cual yo también participaba como una docente más.

- **Los participantes**

Los grupos de escolares

Los dos grupos de quinto grado, eran similares en cuanto a su forma de trabajo y características generales, los escolares tenían entre diez y once años. Los grupos eran 5a– escorpiones y 5b – salamandras, ambos con las siguientes características:

Compuestos por 17 estudiantes, 9 niños y 8 niñas, de diferentes nacionalidades, algunos estaban aprendiendo catalán y castellano; eran estudiantes tranquilos y con buena disposición a las actividades cooperativas.



### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

#### Las docentes e investigadoras

Seríamos tres investigadoras: la Dra. Sanmartí, la Dra. Pujol y yo. En el aula impartiendo las clases estaríamos la docente Teresa Pigrau y yo. En esta unidad didáctica colaborarían en el diseño y aplicación de las actividades en el bosque de Collserola las profesoras del centro de Educación Ambiental 'Can Coll', Roser Arrendares y Montserrat Ventura. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-10.

<b>Punto de partida 2</b> <b>El contacto con la escuela</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La unidad didáctica se aplicaría nuevamente en la escuela Coves d'en Cimany.</li><li>• Se dirigirían a los dos grupos existentes de quinto grado de primaria.</li><li>• La profesora encargada de los grupos solicitó que fuera yo misma quien llevara las clases de aula con su apoyo constante, así que personalmente realizaría las actividades con los escolares, con la ayuda de la profesora titular de los grupos.</li></ul>

**Cuadro 3-10. Resumen del punto de partida 2.**

#### • **Decisiones que guiaron el diseño**

El diseño se centró en el modelo ser vivo, estableciendo siempre relaciones de los seres vivos con el medio y promoviendo una visión dinámica de los mismos, es decir, en interacción con el medio. Esta concepción dinámica de los seres vivos la publicamos en Gómez, Sanmartí y Pujol (2003).

Para ello nos planteamos que los escolares elaborarían nuevamente la maqueta pero representando con mayor fidelidad el bosque mediterráneo procurando que las plantas fuesen reconocibles por ellos. También los materiales utilizados serían más acotados y la atención sería puesta en la representación, más que en los aspectos creativos del trabajo con los materiales.

Simularíamos únicamente el incendio forestal, intentando realizar una interpretación más completa del fenómeno y sus consecuencias.

Nuevamente el entorno sería el bosque de Collserola. En esta ocasión entramos en contacto con la escuela de Educación Ambiental 'Can Coll', donde las profesoras Montserrat Ventura y Roser Arredares, diseñarían actividades específicas para la salida de campo. En ésta los escolares caracterizarían una zona que se había quemado diez años atrás, una zona que no había sufrido esta perturbación y una zona de franja de protección, en la cual se realizaban actividades de prevención de incendios. Posteriormente compararían los resultados y discutirían el por qué de las diferencias en la vegetación y fauna presente. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-11.

<b>Punto de partida 2</b>
<b>Decisiones que guiaron el diseño de la unidad didáctica</b>
Respecto al planteamiento de los objetivos de enseñanza: <ul style="list-style-type: none"><li>• Interpretar los incendios forestales como perturbaciones del bosque Mediterráneo.</li><li>• Construir con los escolares una visión sistémica y dinámica de los seres vivos.</li><li>• Trabajar el modelo ser vivo a partir de tres funciones: nutrición, reproducción y relación.</li><li>• Utilizar el modelo ser vivo en relación con el medio para que los escolares interpreten sus experiencias.</li></ul>
Respecto a las actividades y metodología de trabajo en el aula: <ul style="list-style-type: none"><li>• Visitar el bosque de Collserola, (escuela de Educación Ambiental Can Coll) y realizar actividades específicas sobre los incendios forestales.</li><li>• Representar Collserola en la maqueta, haciendo los prototipos de plantas reconocibles a nivel específico.</li></ul>

**Cuadro 3-11. Resumen del punto de partida 2.**

- **Planteamiento de la investigación**

Nuevamente el planteamiento fue el de investigar el proceso de modelización en el aula. Sin embargo, mis intereses se habían dirigido ahora también a la construcción social del conocimiento y la construcción de significados a través de la negociación. Al mismo tiempo creció mi inclinación por comprender el uso del lenguaje, la argumentación y las interacciones docente-alumnos/as.

Nos interesamos especialmente en analizar las argumentaciones utilizadas por los escolares de quinto año de primaria y su relación con la maqueta como un modelo mediador didáctico al construir el modelo de ser vivo. Me planteaba las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la función de la maqueta como modelo mediador didáctico en la generación de significados sobre el modelo de ser vivo?
- ¿Cómo se relaciona lo que los niños hacen y lo que dicen en torno al modelo mediador didáctico?
- ¿Qué tipo de argumentos utilizan los niños y las niñas, cómo los organizan y qué contenido científicos y valores explicitan?
- ¿Cómo influye el modelo mediador didáctico construido en el contenido de los argumentos utilizados por los niños y las niñas?

Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-12.

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

<b>Punto de partida 2</b> <b>Decisiones que guiaron la investigación</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Analizar el proceso de modelización desde una perspectiva de la construcción social de significados.</li><li>• Analizar los procesos de argumentación y el uso del lenguaje.</li></ul>

**Cuadro 3-12. Resumen del punto de partida 2.**

#### **3.2.3.2. Planificación de la segunda unidad didáctica**

La planificación la realicé atendiendo a cuatro fases descritas por su intencionalidad didáctica (Jorba y Sanmartí, 1994). Éstas fueron: exploración de ideas de partida y comunicación de objetivos, introducción de nuevos puntos de vista, síntesis, y generalización.

Con la finalidad de apoyar a los escolares en la identificación y familiarización de las especies que montarían en la maqueta, recopilé material complementario: láminas que colocamos en el aula, libros con fotografías de los seres vivos, y elaboré un vídeo con los seres vivos del bosque en el que aparecían aquellos que colocaríamos en la maqueta.

Para definir qué seres vivos colocar, además de tomar en consideración la experiencia anterior, me documenté sobre las especies características del bosque mediterráneo de Cataluña. Me fueron de gran utilidad en la toma de decisiones los comentarios de las profesoras de la escuela de Educación Ambiental Can Coll, quienes consideraron además qué especies podrían ver los escolares en la salida de campo. Presentamos un resumen de lo anterior en el cuadro 3-13.

<b>Planificación 2</b> <b>Planificación de actividades</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La unidad se dividirá en cuatro secciones dependiendo de su intencionalidad didáctica.</li><li>• Yo utilizaré el castellano y la docente titular de los grupos el catalán.</li><li>• Utilizaremos diversos materiales para la elaboración de los prototipos en la maqueta y material de apoyo visual para familiarizarse con los seres vivos del bosque.</li><li>• Elaboraré un vídeo que muestre la flora y fauna de Collserola como apoyo.</li><li>• Los seres vivos a colocar en la maqueta serán planificados cuidadosamente.</li></ul>

**Cuadro 3-13. Resumen de la planificación 2.**

### **3.2.3.3. Ejecución de la segunda unidad didáctica**

A partir del primer diseño general, el 18 de abril de 2003 inicié el trabajo en el aula. Durante la realización de esta segunda unidad fue valiosa la discusión constante con mis directoras de tesis y otras profesoras de la universidad en relación con los resultados obtenidos con los escolares tras cada actividad y la forma de organizar el trabajo cooperativo, así como del diseño mismo de la investigación.

Por otra parte, los intercambios con la profesora Teresa Pigrau sobre la forma de realizar las diferentes actividades en el aula, los contenidos de las mismas y la gestión del trabajo cooperativo en la que ella es muy experta, así como su coparticipación en la práctica de todas las actividades realizadas con los escolares. También la participación del maestro Francisco Merino durante las actividades de elaboración de prototipos. Y no menos importante, las actitudes y sugerencias de los niños y las niñas los quintos años de la escuela Coves d'en Cimany.

Para la construcción de la maqueta utilizamos una sesión para elaborar animales y dos para las plantas: árboles y arbustos. Los escolares fueron colocando los prototipos en la maqueta al mismo tiempo que discutíamos sobre el por qué colocarlos en cada sitio. Trabajaron en grupos cooperativos.

Manipulamos la maqueta bajo una sola hipótesis de perturbaciones: los incendios. Se simuló el incendio en la maqueta y los escolares movieron los animales y simularon la caída de los árboles. Posteriormente hablamos sobre la posible recuperación del bosque.

Realizamos 15 sesiones de trabajo de hora y media con cada grupo a partir del 18 abril hasta finales de julio del 2001 y la salida al bosque de medio día. Las actividades las presentamos en la figura 3-5.

En el anexo II incluimos la segunda unidad didáctica, con una introducción de algunas reflexiones sobre biodiversidad, los objetivos de aprendizaje, la descripción de las actividades por sesión y el calendario de las mismas. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-14.

<b>Ejecución 2</b>
<b>Realización de las actividades</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Los escolares divididos en cuatro equipos cooperativos elaboran plantas diversas y mamíferos, aves, reptiles e insectos. Al montarlos en la maqueta se discuten los porqués.</li><li>• Se manipula la maqueta bajo una hipótesis de perturbación: el incendio.</li><li>• Después de cada actividad de manipulación los escolares realizan una redacción explicando qué sucedía con los seres vivos en el bosque.</li><li>• Damos énfasis al trabajo cooperativo y la auto evaluación.</li></ul>

**Cuadro 3-14. Resumen de la ejecución 2.**

### 3.2.2.4. Modificación del estado del conocimiento en la segunda unidad didáctica

En la reflexión para esta segunda unidad didáctica fue de suma importancia el que realicé un primer examen de los datos con la finalidad de establecer los indicadores que me permitieran analizar el proceso de modelización seguido. Para ello realicé la transcripción de las sesiones de audio y algunas sesiones de vídeo, así como la organización y transcripción de los ejercicios realizados por los escolares.

#### *Reflexión de la segunda unidad didáctica*

En un primer momento me encontré con una enorme cantidad de información para el análisis. Por ello, un primer momento de reflexión, realizado siempre al lado de mis directoras de tesis, fue el focalizar qué queríamos analizar del proceso de modelización.

Empecé intentando conceptualizar cómo se daría este proceso en el aula y en función de ello y siempre mirando los datos, encontrar los indicadores que me permitieran describirlo. Dado que mi interés era analizar el proceso de modelización, la primera pregunta fue ¿qué entiendo por modelizar? Las lecturas de los trabajos generados en el departamento de didáctica de la UAB en esta línea de investigación fueron de gran utilidad para centrarme en este aspecto.

Un primer punto posible fue intentar realizar el análisis de cómo se pasaba de los fenómenos del mundo a las ideas del modelo.

<b>Modificación del estado de conocimiento 2</b>
<b>Primera reflexión de lo ocurrido</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Reflexionar sobre la unidad didáctica desde la perspectiva de la modelización.</li><li>• Analizar cómo se pasa de los hechos del mundo al modelo ser vivo.</li></ul>

Cuadro 3-15. Resumen de la modificación del estado del conocimiento 2.

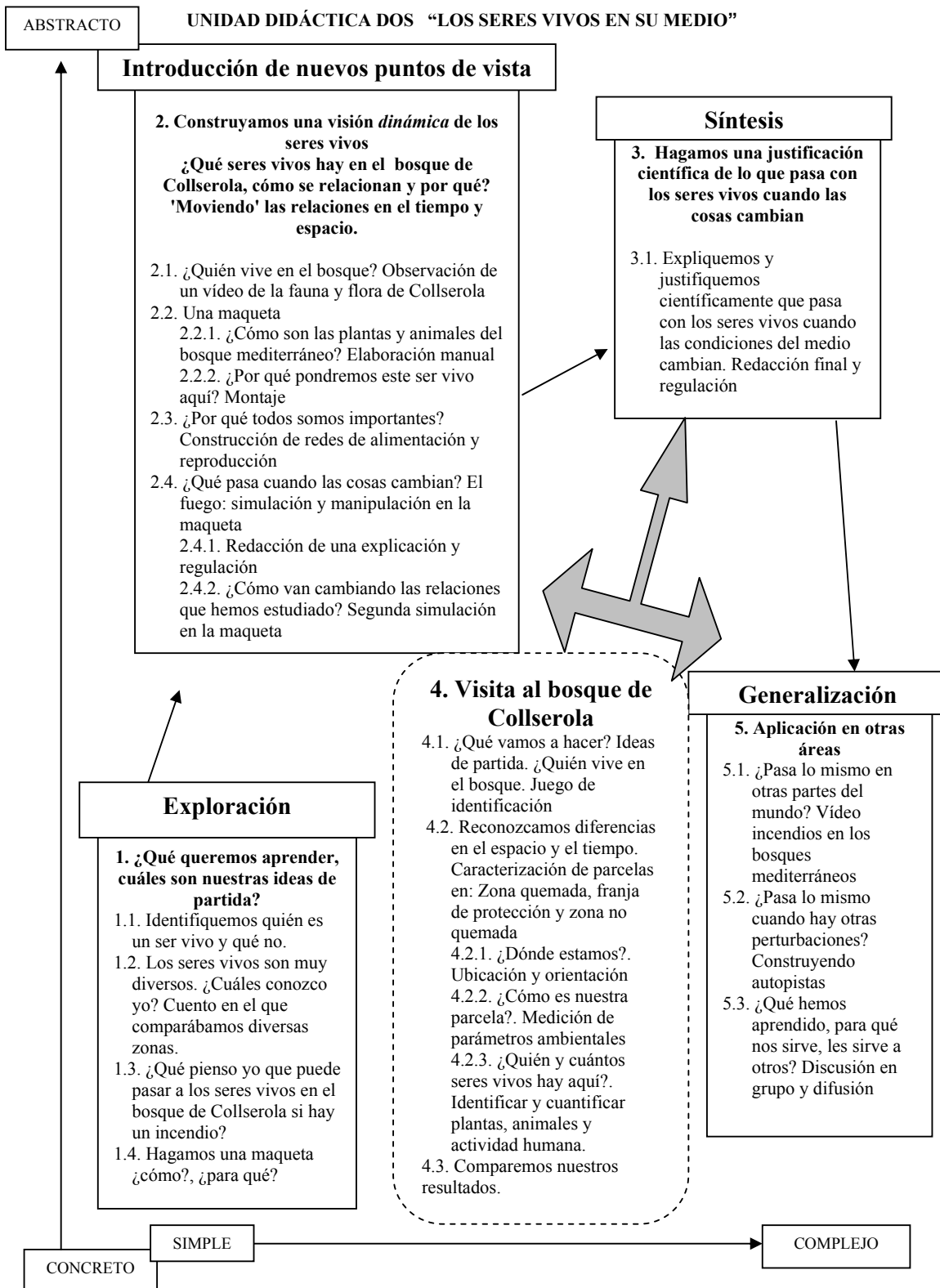


Figura 3-5. Actividades realizadas durante la segunda unidad didáctica.

### ***Resultados obtenidos, problemática plantada y toma de decisiones***

Con los datos obtenidos y la experiencia de aula, empecé a trabajar sobre el establecimiento de indicadores para el análisis de los datos, desde una perspectiva cualitativa y considerando la construcción social de conocimiento.

*a) Respecto a la investigación sobre la construcción del modelo ser vivo:*

#### *a.1. Problemática planteada*

Establecer los indicadores para el análisis me resultó una tarea sumamente difícil. Generé varias propuestas, que no me convencían completamente, ni tampoco a mis directoras de tesis.

Inicié la revisión de otros trabajos, buscando inspiración para esta tarea. Dentro de los que analizaban el proceso de construcción de un modelo en los escolares me encontré con el de Buckley (2000) y prácticamente nada más. Empecé a buscar análisis de las interacciones en el aula, y en las que se analizaran las grabaciones de los escolares. En la bibliografía en didáctica existía el análisis de actividades realizadas en museos, pero que no coincidían con mis intereses. Los trabajos realizados por Ogborn *et al.* (1988), resultaban sugerentes.

Lo que en ese momento me pareció claro, era que si bien había avanzado respecto a mi comprensión del proceso de modelización, no tenía claridad sobre cómo identificarlo en los datos con que contaba.

Algunas de las preguntas que me planteé fueron:

- ¿Qué cambios debo observar para decir que ha habido un proceso de modelización?
- ¿Cómo identificar estos cambios?
- ¿Cómo relacionar contenido científico y lenguaje?
- ¿Cuáles son los cambios significativos a investigar para aportar elementos que ayuden a la comprensión de la ciencia escolar?

#### *a.2. Aspectos teóricos que ayudaron a la reflexión*

Desde el modelo de ser vivo en el aula:

Las Dras. Pujol y García hacían énfasis en la importancia de utilizar el modelo para interpretar los fenómenos y ver a los seres vivos en interacción con el medio. Los cursos de doctorado enriquecieron mi comprensión especialmente respecto a las relaciones entre la práctica y la teoría y sobre las posibilidades de llevar al aula el modelo ser vivo y qué se esperaba que los escolares construyeran. También la incorporación de la complejidad discutida en el grupo COMPLEX, en el que se enfatizaba la visión sistémica de los seres vivos y las posibles formas de abordar su relación con el medio al trabajar en el aula.

Desde la integración multiescalar en ecología:

Un elemento que considero primordial en el avance en el planteamiento del trabajo fue la lectura del libro *Ecological understanding* de Steward Pickett, Jurek Kolasa y Clive Jones (1994). Estos autores eran una referencia de Terradas (2001) cuando hablaba de integración de modelos, tema que ya me había interesado al finalizar la primera unidad didáctica.

Los planteamientos de Pickett y colaboradores respecto a las herramientas utilizadas por los científicos para pasar de los fenómenos a los modelos, me brindaban múltiples elementos para pensar sobre cómo encaminar mi investigación sobre la forma como los escolares podrían también establecer relaciones entre los fenómenos del mundo y el modelo.

Los dos aspectos que llamaron más mi atención de las propuestas de estos autores fueron: la escala de observación como elemento primordial para definir el dominio del modelo que reconocí como una ayuda efectiva para no mezclar los modelos de ser vivo y ecosistema. Y en segundo lugar las herramientas de los científicos para pasar de los fenómenos al modelo: especialmente la visión escalar.

Inicialmente presenté algunos de los resultados de mi búsqueda bibliográfica y una traducción del inglés al castellano de algunas de las ideas propuestas por Pickett y sus colaboradores en el seminario COMPLEX del departamento de didáctica en la Universidad Autónoma de Barcelona, en septiembre del 2003. Esta presentación me brindó la posibilidad de discutir con mis compañeros y profesoras algunas de las ideas propuestas. Sus comentarios me hicieron reflexionar sobre la necesidad de hacer una transformación clara de la propuesta para adaptarla a la ciencia escolar.

La propuesta de integración escalar y la adaptación que realicé para su implementación en el aula se presenta fundamentada en esta memoria al finalizar este apartado en la sección 3.3.

Al mismo tiempo el libro “Ecological heterogeneity” de Kolasa y Pickett (1991), me ayudó a profundizar en la importancia del nivel en el que se realizan las observaciones en un fenómeno. Esto también me llevó a dar mayor importancia a la forma cómo los escolares mezclaban los niveles de observación y buscar formas de enfrentarse a esta situación en el aula. Como mencionan Allen y Hoekstra, en este mismo libro, refiriéndose a la relación entre escala y heterogeneidad en los estudios ecológicos (1991:47):

“We can offer only a relatively clumsy solution; however, the problem of scaling and heterogeneity does not go away by itself, and so any procedure for dealing with it is much better than noting.”



### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

También fue de sumo interés para comprender la propuesta de integración escalar, especialmente la idea de construcción, la lectura del libro “Hierarchy. Perspectives for ecological complexity” de T.F.H. Allen y Tomas Starr, T. (1982).

Igualmente las aportaciones de Cañal (1999a), sobre uso de escalas en la construcción de ideas sobre los seres vivos, en las cuales se integran diversos niveles de observación: células, órganos, tejidos, sistemas, comunidades y ecosistemas, y sus recomendaciones para llevarlos al aula, fueron elementos que me ayudaron en la reflexión y la toma de decisiones para aplicar la visión escalar en el aula.

#### *a.3. Decisiones tomadas*

Si bien hubo un avance importante respecto a la precisión del modelo y de la manipulación de la maqueta en el paso de la primera y la segunda unidad didáctica, en la que podemos decir hubo una mayor construcción de significados, el avance en el estado del conocimiento en este momento era tal que conducía necesariamente a una modificación sustantiva de la forma como me representaba el proceso de modelización en el aula. Ello llevó a plantearnos la realización de una tercera unidad didáctica para aplicar este nuevo marco teórico. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-16.

<b>Modificación del estado del conocimiento 2</b>
<b>Respecto al proceso de investigación</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Problemática encontrada: Dificultad para determinar los indicadores para el análisis de los datos y exceso de material para analizar</li><li>• Ampliación del marco teórico:<ul style="list-style-type: none"><li>- Modelo de ser vivo con tres funciones: nutrición, reproducción y relación.</li><li>- Integración escalar de Pickett, Kolasa y Jones (1991), constricciones de Allen y Starr (1982), consideración de escalas en el modelo ser vivo de Cañal (1999).</li><li>- Elaboración de una adaptación de la propuesta escalar para la ciencia escolar.</li></ul></li><li>• Decisiones tomadas: Diseñar y aplicar una tercera unidad didáctica para aplicar el modelo de ser vivo con mayor precisión incorporando la integración escalar y las tres funciones.</li></ul>

**Cuadro 3-16. Resumen de la modificación del estado del conocimiento 2.**

#### *b) Respecto a la construcción del modelo y manipulación de la maqueta:*

##### *b.1. Problemática planteada*

Identifiqué, al realizar la reflexión al lado de mis directoras de tesis, y otras profesoras del departamento de didáctica, la necesidad de incidir con mayor profundidad en las tres funciones del modelo ser vivo, propiciando la construcción de aspectos específicos para cada una y explicitando las relaciones con el medio. Esto aunado a la visión escalar que habíamos desarrollado, generaba una forma de abordar el modelo de ser vivo tomando en consideración tres escalas de observación y tres funciones, a esta forma le llamamos *visión compleja*.

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

En cuanto a la manipulación de la maqueta decidí planificar cuidadosamente el orden en que se colocaban los seres vivos en la misma, de tal forma que la configuración final del paisaje fuera agregada y no al azar u homogénea.

Por otra parte vimos necesario manipular más la maqueta, con la finalidad de visualizar también el proceso de regeneración del bosque, así como ayudar a los escolares a representarse mejor las consecuencias del incendio.

#### *b.2. Decisiones tomadas*

Realizar un esquema de orientación como guía del proceso de modelización que nos ayudara tanto a las docentes como a los escolares a no perder de vista las funciones del modelo.

En cuanto al montaje de la maqueta para lograr una distribución de las especies agregada similar a la que se encuentra en la naturaleza, especialmente para pinos y encinas, tome en consideración especialmente las necesidades de luz y agua para estas especies de árboles. Tras varias pruebas encontré que era necesario empezar a montar en la maqueta las encinas y finalizar con los pinos, para después colocar arbustos y animales.

Al mismo tiempo planificar diversas actividades de manipulación de la maqueta, desde el montaje hasta la recuperación del bosque, de manera que permitan resaltar el proceso que se da en un bosque al quemarse. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-17.

<b>Modificación del estado del conocimiento 2</b>
<b>Respecto al trabajo en el aula</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Problemática encontrada:<ul style="list-style-type: none"><li>- Necesidad de incidir más en las tres funciones del modelo ser vivo y explicitar las relaciones con el medio.</li><li>- La maqueta no presentaba un aspectote recursos agregados.</li><li>- La regeneración del bosque se ve por los escolares como un evento inmediato.</li></ul></li><li>• Decisiones tomadas:<ul style="list-style-type: none"><li>- Trabajar de forma interrelacionada las tres funciones y las tres escalas, trabajando el modelo ser vivo desde una <i>visión compleja</i>.</li><li>- Elaborar un esquema de orientación y manipular planificadamente la maqueta para interpretar la perturbación del incendio y su regeneración.</li><li>- Planificar cuidadosamente el montaje y obtener una distribución agregada de los recursos.</li></ul></li></ul>

**Cuadro 3-17 Resumen de la modificación del estado del conocimiento 2.**

### **3.2.4. Tercer ciclo de investigación – acción**

La Dra. Neus Sanmartí seguía asesorando el seminario de ciencias en la escuela Coves d'en Cimany y yo seguía incorporada en el mismo. Las docentes ya empezaban a ser expertas en trabajar con los niños/as en procesos de modelización y les pareció buena idea realizar una nueva experimentación de la unidad didáctica como parte de los diversos proyectos que se realizaban sobre este tema en toda la escuela y en colaborar activamente.

#### **3.2.4.1. Punto de partida en la tercera unidad didáctica**

Este ciclo se inició en julio de 2004, trabajando con los escolares que en ese año escolar cursaban el quinto grado, a esta unidad didáctica le llamaríamos '*Los seres vivos y los incendios forestales*'. Los datos que recopilamos en ella son los que analizamos en este trabajo de tesis en los capítulos 5 y 6.

- ***El contacto con la escuela***

El contacto con la escuela Coves d'en Cimany era continuo dado nuestra participación en el seminario de ciencias, así que podemos decir que a partir del primer ciclo de investigación- acción el contacto fue permanente.

- ***Los participantes***

*Los grupos de escolares*

Los dos grupos de escolares de quinto grado de primaria. Conformados por 16 escolares cada uno. Los dos grupos eran similares en sus características. Los ecoalres tenían niveles de construcción de conocimientos muy heterogéneos y muchos de ellos presentaban un nivel bajo de conocimientos sobre temas de ciencias.

*Las investigadoras*

Las investigadoras seríamos las Dras. Sanmartí, Pujol y yo. En el aula trabajaríamos impartiendo las clases la profesora titular Teresa Pigrau y yo. Dado la experiencia compartida con esta profesora en la unidad didáctica anterior, las dos estaríamos encargadas de impartir las clases.

Cabe mencionar que debido a la experiencia compartida y al conocimiento de la profesora Pigrau relacionada con los procesos de modelización ella también participó activamente en algunos aspectos de la investigación. En el equipo que habíamos conformado, tanto mis directoras de tesis como los profesores de la escuela, comentábamos y discutíamos sobre aspectos tanto de la investigación como del trabajo en el aula. En el transcurso de los ciclos de investigación-acción que

realizamos fue resultando cada vez más difícil diferenciar entre docentes e investigadoras. Presentamos un resumen de lo anterior en el cuadro 3-18.

<b>Punto de partida 3</b> <b>El contacto con la escuela</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La unidad didáctica se aplicaría en la escuela Coves d'en Cimany.</li> <li>• Se dirigiría a los dos grupos existentes de quinto grado de primaria.</li> <li>• Las clases serían llevadas tanto por la profesora titular de ciencias Teresa Pigrau, como por mi misma.</li> </ul>

**Cuadro 3-18. Resumen del punto de partida 3.**

- **Decisiones que guiaron el diseño**

La unidad didáctica se iniciaría en septiembre del 2003. El diseño se centraría nuevamente en el modelo ser vivo, dando énfasis a las tres funciones y estableciendo relaciones con el medio a través de las constricciones, se promovería la integración escalar (ver apartado 3.3.). La representación de las primeras ideas para guiar las decisiones podemos observarla en la figura 3-6.

Los escolares elaborarían nuevamente la maqueta pero cuidaríamos y planificaríamos el montaje de manera que se obtuviera un resultado más representativo de las condiciones del bosque Mediterráneo. Así mismo, manipularíamos la maqueta bajo la hipótesis de perturbación del fuego, pero también simularíamos la regeneración del mismo en diferentes condiciones.

El entorno representado no sería el bosque de Collserola sino el de Montserrat, ello fue debido a que los escolares de quinto grado tenían una salida prevista a este entorno y lo aprovecharíamos para visitar el bosque. Presentamos un resumen de lo anterior en el cuadro 3-19.

<b>Punto de partida 3</b> <b>Decisiones que guiaron el diseño de la unidad didáctica</b>
<p>Respecto al planteamiento de los objetivos de enseñanza:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrar de forma más amplia las tres funciones de los seres vivos: nutrición, reproducción y relación.</li> <li>• Interpretar los incendios forestales como perturbaciones y la posterior regeneración del bosque Mediterráneo.</li> <li>• Buscar que los escolares vayan más allá de las descripciones, realizando explicaciones en las que se integren tres niveles de observación jerárquica.</li> </ul> <p>Respecto a las actividades y metodología de trabajo en el aula:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Representar el entorno del bosque de Montserrat.</li> <li>• Manipula la maqueta más que en las otras unidades y simular la regeneración del bosque.</li> <li>• Realizar prototipos reconocibles de árboles y animales, pero no de los arbustos.</li> </ul>

**Cuadro 3-19. Resumen del punto de partida 3.**

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

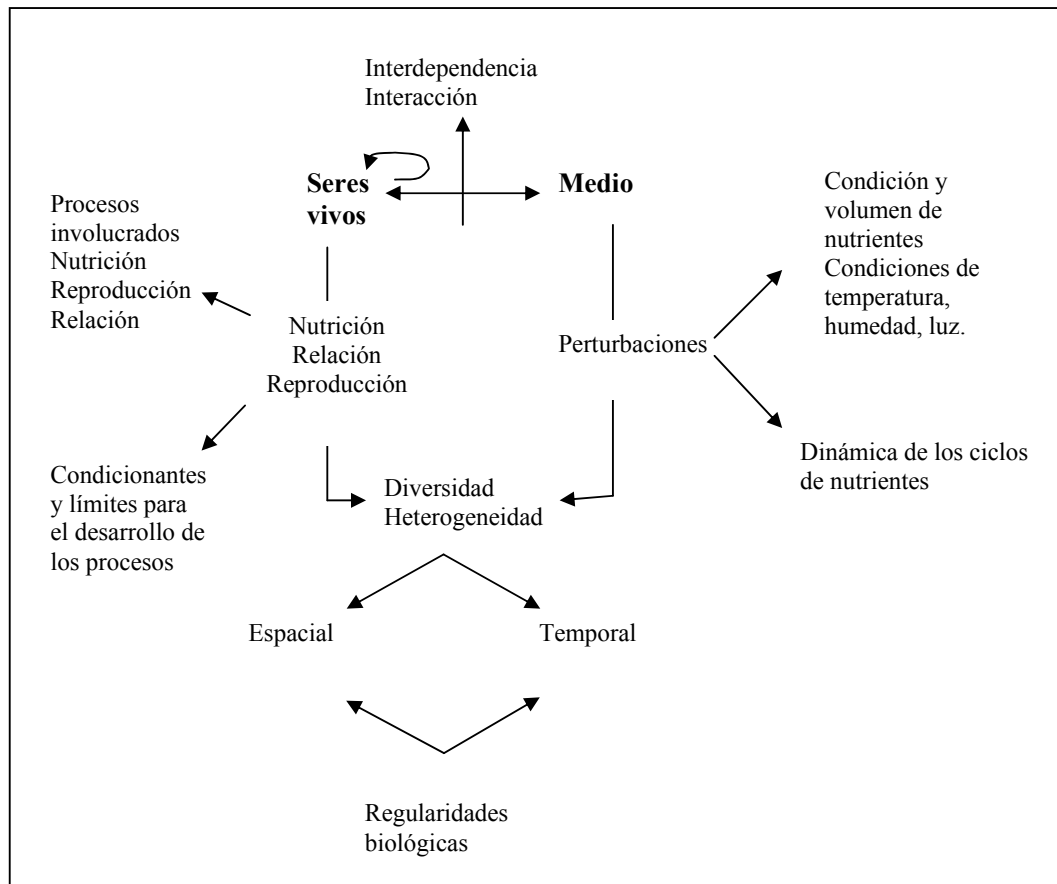


Figura 3-6. Diseño para ayudar a visualizar las relaciones que habían de tomarse en consideración incorporando la visión compleja del modelo ser vivo en las explicaciones de los escolares, unidad didáctica 3.

- **Planteamiento de la investigación**

El planteamiento de la investigación se centró en analizar el funcionamiento de la maqueta como mediador, en la construcción en entre docentes y escolares de nuevos significados en torno al modelo ser vivo desde una visión compleja y cómo se usaba la integración escalar en esta construcción de significados.

Cabe mencionar que inicialmente considerabamos utilizar como datos las grabaciones de audio de las conversaciones de aula y las grabaciones en vídeo de la manipulación de la maqueta, así como los ejercicios de los escolares. Posteriormente la gran cantidad de datos recabados nos llevó a tomar decisiones respecto a qué material analizar, decidiendo usar únicamente las grabaciones de conversaciones en clase.

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

Así, posterior a la realización de la unidad didáctica fue que se acotaron aún más los objetivos de la investigación quedando finalmente los que presentamos en este informe en la sección correspondiente. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-20.

<b>Punto de partida 3</b>
<b>Decisiones que guiarán la investigación</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Analizar la función de la maqueta y la construcción del modelo usando la integración escalar.</li></ul>

**Cuadro 3-20. Resumen del punto de partida 3.**

#### **3.2.4.2. Planificación de la tercera unidad didáctica**

En la planificación utilizamos también cuatro fases divididas de acuerdo a su intencionalidad didáctica.

Para apoyar a los escolares en la familiarización con los seres vivos del bosque utilizaríamos el mismo material de apoyo que en la unidad dos. Las especies colocadas en la maqueta serían las mismas, pero los arbustos no se identificarían a nivel específico debido al tiempo requerido para su elaboración y a que consideramos que era demasiada información a manejar por parte de los escolares. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-21.

<b>Planificación 3</b>
<b>Planificación de actividades</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La unidad se dividirá en cuatro secciones dependiendo de su intencionalidad didáctica.</li><li>• Yo hablaré el castellano y la profesora Pigrau en catalán, las actividades escritas serán en catalán.</li><li>• Utilizaremos diversos materiales para la elaboración de los prototipos en la maqueta, y el material de apoyo visual para familiarizarse con los seres vivos del bosque será el mismo que en la unidad didáctica 2.</li></ul>

**Cuadro 3-21. Resumen de la planificación 3.**

#### **3.2.4.3. Ejecución de la tercera unidad didáctica**

A partir de septiembre hasta diciembre del 2003 se llevaron al aula las actividades planificadas. Se realizaron dos sesiones a la semana con cada grupo, una de hora y media y otra de una hora, en total dos horas y media a la semana en cada grupo, siendo un total de 25 horas aproximadamente de trabajo con cada grupo. Cabe aclarar que durante este tiempo también se realizaron actividades relacionadas con el reconocimiento de rocas, ya que en la visita a Montserrat se abordaría este aspecto.

### 3. Reflexión y decisiones en el proceso de diseño de tres unidades didácticas

Nuevamente contamos con la participación del maestro Francisco Merino en la elaboración de los prototipos para apoyarnos con los aspectos artísticos y manuales.

En la figura 3-7 mostramos las actividades realizadas. La descripción de cada una se presenta en el anexo III. La mayoría de estas actividades están publicadas en Gómez y Pigrau, 2005. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-22.

<b>Ejecución 3</b>
<b>Realización de las actividades</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se dio énfasis en las tres funciones del modelo y las explicaciones en las que se integraran tres niveles de observación (visión compleja).</li><li>• Se realizó un esquema de orientación para pensar en los seres vivos.</li><li>• Los escolares se dividieron en cuatro equipos cooperativos y elaboraron plantas diversas y mamíferos, aves, reptiles e insectos.</li><li>• Se manipuló la maqueta bajo la perturbación de incendio forestal y se simuló la recuperación del bosque en diferentes condiciones.</li><li>• Después de cada actividad de manipulación los escolares realizaron una redacción explicando qué sucedía con los seres vivos en el bosque y por qué.</li><li>• Se realizaron actividades complementarias sobre relación, reproducción y nutrición.</li></ul>

**Cuadro 3-22. Resumen de la ejecución 3.**

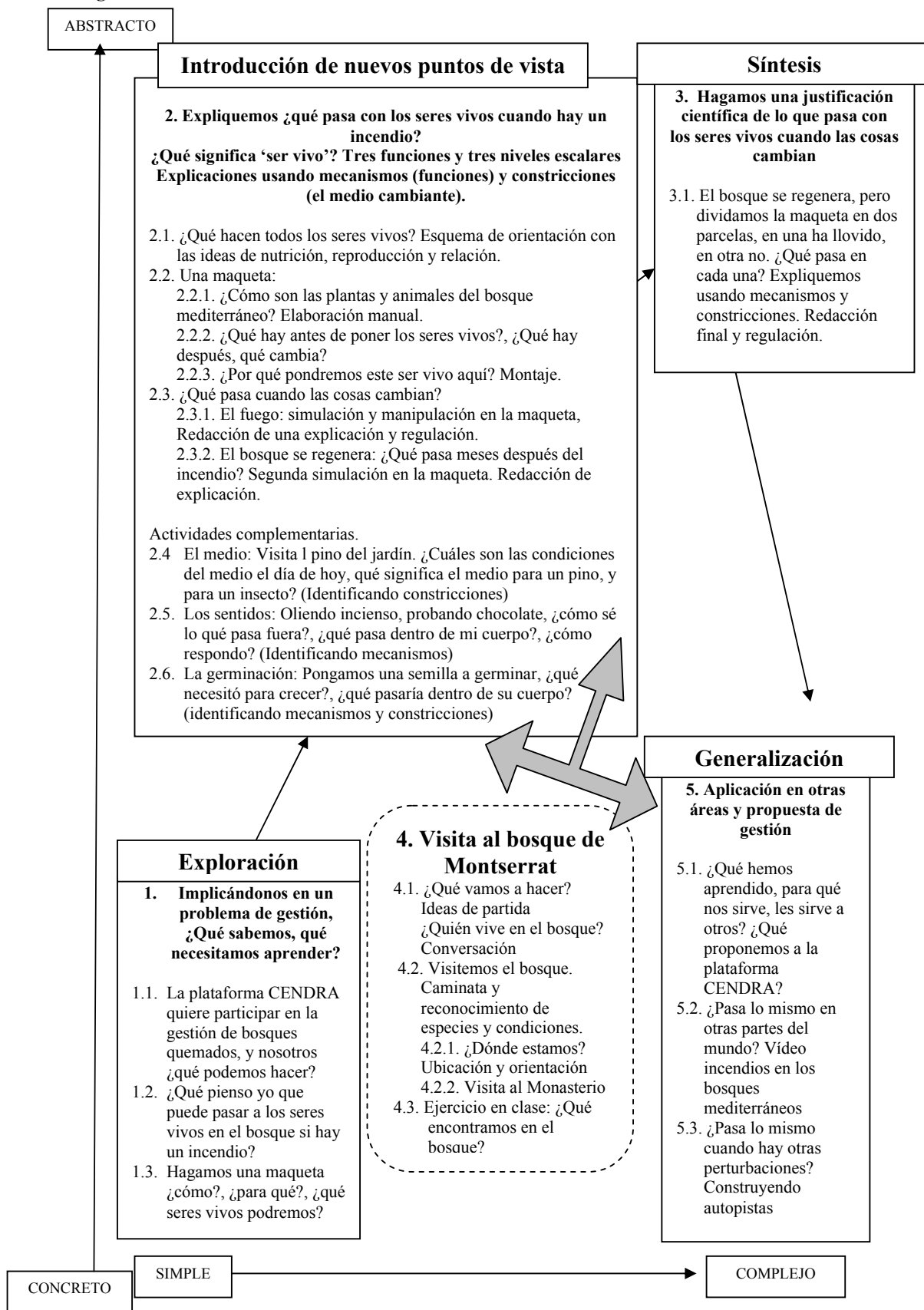
#### **3.2.3.4. Modificación del estado del conocimiento en la tercera unidad didáctica**

El resultado de la reflexión sobre el proceso que seguimos en la tercera unidad didáctica es el que de forma general presentamos en este documento. En él hemos realizado una reflexión global de los tres ciclos de investigación – acción y el análisis de algunas actividades en el aula. Los resultados de ello los discutimos en los capítulos 5 y 6 de este informe. Presentamos un resume de lo anterior en el cuadro 3-23.

<b>Modificación del estado del conocimiento 3</b>
<b>Respecto al proceso de investigación y la práctica en el aula</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Podemos decir que esta tesis representa la modificación del estado del conocimiento de la tercera fase de la investigación – acción</li></ul>

**Cuadro 3-23. Resumen de la modificación del estado del conocimiento 23**

Fig. 3-7- Unidad didáctica 3 “LOS SERES VIVOS Y LOS INCENDIOS FORESTALES”





### **3.3. Propuesta de integración escalár para la ciencia escolar**

Uno de los resultados de haber realizado los tres ciclos de investigación-acción que hemos descrito en el apartado 3.2. de este capítulo, fue la adaptación de la visión escalár propuesta por diversos autores, para su utilización en la construcción del modelo ser vivo en el aula. Podemos decir que esta adaptación se produjo como parte del cambio de estado del conocimiento del segundo ciclo de investigación-acción y se reelaboró en el cambio de estado del conocimiento del tercer ciclo.

La propuesta que realizamos se fundamenta en los referentes teóricos esbozados en el capítulo 2 en el que hemos desarrollado, por un lado, la idea de ciencia escolar y la construcción de modelos científicos escolares, y por otro, la idea de sistemas jerárquicamente organizados y la visión escalár. Cabe aclarar que entendemos la jerarquía no en términos de una causalidad lineal en la que puedan suponerse relaciones de superioridad, sino en términos de la coexistencia de entidades menores en conjuntos mayores, tal como hemos intentado plantearlo en el marco teórico de este trabajo.

En este apartado nos interesa resaltar algunos aspectos de la adaptación que proponemos, con la finalidad de dar claridad a la propuesta teórica y práctica que hemos desarrollado sobre *integración escalár para la ciencia escolar*. A continuación iremos destacando los elementos que consideramos valiosos, especialmente para establecer coincidencias y diferencias entre la integración escalár proveniente de la ecología y la propuesta que hacemos para su utilización como herramienta en la construcción de modelos en el aula.

#### **3.3.1. Integración escalár y construcción de un modelo científico escolar**

Como hemos mencionado esta propuesta surge como respuesta a la necesidad de generar herramientas que nos ayuden a gestionar tanto las actividades como las conversaciones con los escolares al tratar un fenómeno natural, específicamente los incendios forestales, desde el modelo ser vivo.

La propuesta de integración escalár de diversos autores provenientes del campo de la ecología nos sirvió como punto de partida. Cabe mencionar que estos autores hablan de construcción de teorías, nosotras que nos hemos ubicado en una visión cognitiva de la ciencia y seguimos las ideas generadas por Giere (1992, 1997, 1999) e Izquierdo *et al.* (1999, 2003, 2004), nos referiremos a modelos. Para Giere las teorías son poblaciones de modelos, sus definiciones en diversos lenguajes, y diversas

hipótesis que los vinculan con sistemas de la realidad. La idea de modelo la hemos desarrollado en la sección de marco teórico de este informe.

Nuestro primer acercamiento a la integración escalar lo realizamos a partir de las ideas de Terradas, ya citado en la sección 3.2.2., las cuales nos fueron sugerentes.

Cabe resaltar que Terradas, al plantear la integración escalar, se refiere a la integración de *varios modelos* obtenidos a “múltiples escalas de observación”. En su propuesta incluso habla de *integración de paradigmas*, llevándola a la práctica al presentar una “nueva ecología” que integra los paradigmas holístico e individualista del estudio de la ecología (Terradas, 2001).

En nuestra adaptación de integración escalar para la ciencia escolar planteamos una consideración:

- En el caso de la integración escalar para la ciencia escolar nuestra propuesta se diferencia de la de Terradas en tanto **no pretendemos utilizar la integración escalar para la integración de modelos y paradigmas, sino para la construcción de un modelo científico escolar**. Si bien no descartamos que la integración de modelos es posible y deseable en las aulas, es requisito previo indispensable que dichos modelos hayan sido construidos.

Partiendo de la aclaración básica de que nuestra finalidad es propiciar la construcción de *un* modelo científico escolar, continuaremos haciendo una comparación entre las propuestas teóricas de la integración escalar desde la ecología y los aspectos que hemos retomado y reformulado para su aplicación en el aula.

En este sentido partimos de considerar que en ecología la visión escalar se ha relacionado con el desarrollo de uno de los conceptos básicos en esta área y que ha sido motivo de controversias: la heterogeneidad (Kolasa y Pickett, 1991). La necesidad de clarificar lo que se entiende por heterogeneidad espacial y temporal es uno de los motivos que ha llevado a los ecólogos a profundizar en las escalas de observación y a desarrollar una teoría al respecto.

Como hemos expuesto a lo largo de este trabajo nuestras finalidades son distintas de las de los ecólogos/as. Así, para nuestros intereses hemos tomado algunos aspectos de la teoría de sistemas jerárquicamente organizados y de la integración escalar y dejado de lado otros. No descartamos que esta teoría tenga distintos elementos de interés que podríamos adaptar para la ciencia escolar, pero en el estado actual de nuestra propuesta hemos retomado y aplicado dos:

1. El dominio del modelo.
2. La generación de explicaciones causales como herramientas para la construcción del modelo.

### 3.3.2. Integración escalar y construcción del dominio del modelo

Una de las dificultades iniciales con que nos encontramos al trabajar en el aula la interpretación de incendios forestales fue la presencia de diferentes niveles escalares en las observaciones de los escolares y en los constructores conceptuales que manejábamos en el aula, es decir encontramos que había dos modelos posibles a construir, que hemos llamado ser vivo y ecosistema. Si bien las ideas de intercambio de materia y energía, respuesta a cambios y permanencia en el tiempo se aplican a ambos modelos y pueden considerarse parte ambos del modelo ser vivo (Margulis y Sagan, 1995), consideramos que en el aula, es necesario que los escolares aprendan a diferenciar los niveles escalares en que pueden aplicarse estas ideas.

Esta diferencia escalar en el nivel en que se aplican las observaciones y constructores conceptuales es lo que Pickett y colaboradores (1994) definen como 'dominio' de un modelo. El dominio delimita la parte del fenómeno observable a la que se refieren y a la que no se refieren los constructores conceptuales. Incluye el fenómeno y conceptos a los que se refiere la teoría, el nivel(es) de organización en que la teoría se aplica y la escala(s) espacial y temporal a la que se refiere.

Para nosotros ha resultado de utilidad incluir este concepto dentro del modelo científico escolar que deseamos construir en el aula requiere establecer una relación entre fenómeno estudiado y modelo, lo que ayuda al docente a no dejarla de lado, pero en este sentido la visión escalar tiene dos ventajas al trabajar el modelo ser vivo en el aula:

- El dominio establece una relación entre modelo y fenómeno delimitando el campo de aplicación del modelo en el mundo. En principio consideramos que la escala de observación es un elemento que permite definir la parcela de realidad a la que refiere el modelo. *Consideramos que el dominio quedaría expresado lingüísticamente en las hipótesis teóricas propuestas por Giere (1992).*
- La aclaración del dominio implica definir con la mayor nitidez posible la escala a la cual se realizan las generalizaciones, como patrones a explicar, y por tanto las escalas de los mecanismos y las constricciones.

En este sentido, la definición de las escalas que relacionan modelo y fenómeno permite establecer una claridad las observaciones que han de realizarse en el aula. Para nuestra propuesta de aplicación a la ciencia escolar lo anterior tiene tres implicaciones:

1. En la medida que los propios docentes tengamos conciencia y podamos definir con mayor precisión las escalas de los fenómenos en que se aplica el modelo, tendremos más elementos para tomar decisiones al guiar las observaciones de los escolares en el aula y apoyar la construcción de relaciones entre éstas y los

constructos conceptuales. Así, la visión escalar se convierte en una herramienta para apoyar la gestión de las actividades y la conversación en el aula.

2. El considerar que la definición de las escalas de los fenómenos a los que se refiere y aplica el modelo permite un esclarecimiento del mismo, implica que en el proceso de modelización se pretenderá el que los escolares vayan adquiriendo paulatinamente esta definición de la escala como parte del modelo, adquiriendo asimismo una visión escalar. Esto podría ser una herramienta para diferenciar, por ejemplo, entre diversos fenómenos en el momento de explicarlos a través de un modelo u otro, lo cual se considera una forma en que los modelos de los escolares evolucionan (Tamayo, 2001).
3. Consideramos que si cambiamos el nivel de observación escalar en el que se realizan las generalizaciones, estaremos cambiando también de modelo. Es decir, las generalizaciones para el modelo ser vivo se encuentran a nivel organismo, mientras las generalizaciones para el modelo ecosistema se encuentran a nivel comunidad. Esto implica que la visión escalar nos facilita a los docentes identificar, por ejemplo, los fenómenos que han de observar y explicar los escolares. Si bien, como hemos mencionado, los dos modelos son complementarios, durante el proceso de construcción en el aula, consideramos una ventaja diferenciarlos para realizar actividades específicas para cada uno, aunque no descartamos, incluso sea conveniente, ir estableciendo relaciones entre uno y otro.

Así, la identificación clara del dominio del modelo llevaría a una identificación del nivel escalar de las generalizaciones y explicaciones causales, las cuales son otro de los elementos que hemos adaptado de la propuesta de integración escalar proveniente de la ecología. A continuación explicamos dicha adaptación.

### **3.3.3. Integración escalar para la generación de explicaciones causales**

Inicialmente hemos de considerar que explicar significa diferentes cosas dependiendo del autor/a que consultemos. Nosotras estamos de acuerdo con la sugerencia de Veslin (1988) respecto a que las explicaciones científicas contestan el por qué de una observación, de acuerdo a un modelo científico y también en que para ello se requiere mirar al nivel inferior de organización respecto al que se ha realizado la observación (Llibourty, in: Veslin, 1988). Sin embargo, incorporamos otro aspecto que nos parece primordial, y que tomamos de la propuesta de integración escalar y es *la incorporación en la explicación del nivel superior de organización* respecto al que se ha realizado la observación.

Así, *estamos proponiendo entender la explicación como un entramado de dos aspectos*: la identificación de un patrón observable, la explicación de las causas del

patrón desde la interacción de los mecanismos (nivel inferior) y las constricciones (nivel superior). Así, tenemos dos elementos básicos:

- La producción de **generalizaciones**, como patrones que requieren una explicación causal.
- La explicación de dichos patrones a través de los mecanismos y las constricciones, generando lo que hemos llamado **explicaciones jerárquicamente anidadas**, tomado de “*nested hierarchy of causal explanation*” (Pickett, Kolasa y Jones, 1994:39). Hemos traducido *nested* como **anidada** considerando que el diccionario Oxford (Crowther, 1999) indica: “*nest: group or set of similar things of different sizes made to fit inside each other*”, como las muñecas rusas que encajan unas dentro de otras. En la biología la palabra anidada se ha utilizado para referirse a un grupo de elementos que están relacionados y se condicionan mutuamente.

En el marco teórico se ha desarrollado esta idea desde la perspectiva de Pickett y colaboradores. Aquí señalaremos las precisiones, para estos dos aspectos, desde nuestra propuesta.

### **3.3.3.1. Las generalizaciones**

Para Pickett y colaboradores las generalizaciones identifican patrones que resaltan algunos aspectos de los fenómenos que necesitan una explicación causal. El modo de generalización más concreto consiste en condensar una serie de observaciones similares en una especie de frase sumaria, ecuación, gráfica o valor numérico. La temperatura promedio mensual puede ser un ejemplo. La generalización es considerada parte del modelo teórico y requiere poner en juego los modelos antecedentes construidos siendo una abstracción en la que se considera los atributos relevantes y se dejan de lado otros que no lo son. Los científicos/as que realizan las generalizaciones tienen construidos los modelos teóricos antecedentes de referencia que permiten guiar sus observaciones.

En el caso del aula, los escolares no han construido aún estos modelos de referencia, o son muy rudimentarios, por lo que resulta difícil que produzcan generalizaciones significativas para el modelo que se pretende construyan. Esto implica una diferencia fundamental respecto al proceso de generalización. Los científicos/as observan los fenómenos desde unos modelos construidos y bajo un entrenamiento para dicha observación; sin embargo los escolares no, porque no han construido dichos modelos y sólo lo hacen desde percepciones propias del sentido común.

Lo anterior conlleva un problema en la construcción de modelos en el aula. La generalización, si bien se considera la primera parte en la generación de modelos, implica que existen, de hecho, los modelos construidos con antelación a la misma o al menos hipótesis que guían las observaciones.

En nuestra propuesta, situamos como primer momento para promover la construcción de modelos en el aula las generalizaciones. En este caso la/el docente ejerce una función de regulación para guiar las observaciones de los escolares y permitir la producción de generalizaciones significativas. El docente actúa como mediador entre las observaciones y los registros realizados por los escolares y el modelo científico escolar, por lo que son los y las docentes quienes conocen las generalizaciones significativas, ayudando a los escolares a construirlas.

Consideramos que difícilmente los escolares producirían estas generalizaciones significativas sin la ayuda del docente. La exploración del entorno y la ampliación de la experiencia de los escolares es importante, pero sin ayuda ellos y ellas difícilmente ‘descubrirán’ los patrones significativos desde el modelo. Esto no quiere decir que consideramos que los escolares no tienen concepciones antecedentes o modelos rudimentarios o de partida contruidos. Su experiencia tanto escolar como extraescolar se pondrá en juego en la construcción de generalizaciones más acordes con los modelos científicos escolares.

Surge aquí otra consideración para la adaptación de la propuesta de integración escolar para la ciencia escolar:

- Si bien compartimos la idea de la producción de generalizaciones como patrones a explicar causalmente, **el proceso de construcción de generalizaciones en el aula difiere del propuesto por Pickett y colaboradores, en tanto los escolares no han construido modelos de referencia desde los cuales identificar los patrones significativos.** Por otra parte, las generalizaciones han de tener sentido para los escolares, por lo que puede diferir el campo experiencial de aquellas formuladas en los modelos científicos eruditos de referencia.

Por otra parte, a partir del proceso de generalización descrito por Pickett y colaboradores, *hemos generado tres tipos de generalización*, que aplicamos en el análisis de los datos de esta tesis, pero que nos parecen de sumo interés para su trabajo en los procesos de modelización. Estas son la simplificación, la condensación y la unificación. La simplificación supone el que los escolares generen dominios significativos a través identificar regularidades en los fenómenos. En este proceso las experiencias tanto generadas en la escuela como en otros ámbitos se van organizando y observando a través de nuevos puntos de vista, así se genera un grupo de observaciones o experiencias con unidad en el modelo. La unificación implica el emparejamiento de dominios que permiten integrar un grupo de observaciones o experiencias en otro que tiene unidad respecto al modelo. Finalmente la condensación, representa la caracterización de un dominio, que puede funcionar a manera de definición para los escolares o de axioma para los docentes.

En Pickett y colaboradores (1994) las generalizaciones son explicadas casualmente a través de los mecanismos y las constricciones. Para nosotras esta idea es potente y la adaptamos a la ciencia escolar. A continuación puntualizamos dicha adaptación.

### **3.3.3.2. Las explicaciones jerárquicamente anidadas: mecanismos y constricciones**

Un elemento importante para nuestra propuesta se refiere a **la incorporación de las constricciones en la explicación**. Esto implica el introducir en una explicación, *con igual importancia*, el nivel superior de organización (constricciones) y el nivel inferior de organización (mecanismos). Generalmente se estudia los seres vivos atendiendo únicamente a los mecanismos explicativos, es decir los órganos y sistemas y sus funciones, poniendo poco énfasis en los cambios del medio que les afectan y la forma en que estos influyen en las funciones de órganos y sistemas.

Lo anterior supone *poner el énfasis en la interacción* entre los seres vivos y el medio, para la explicación y comprensión del patrón detectado. En este sentido coincidimos con Allen y Starr (1982) (ver sección 2.4.2.2. del marco teórico).

Esto tiene una consecuencia en el trabajo en el aula:

- La forma como se planifican y llevan al aula las actividades tendientes a promover la modelización ***estaría centrada en identificar y estudiar las interacciones entre los seres vivos y con el medio*** estableciendo relaciones entre los dos niveles escalares, mecanismos y constricciones, con la finalidad de explicar las observaciones.

En el caso de la unidad didáctica que proponemos, la pregunta ¿qué sucede a los seres vivos cuando hay un incendio? se entiende cómo ¿qué sucede en los sistemas y órganos de un ser vivo, cuando el medio cambia? o ¿qué cambio del medio afecta a los seres vivos, cómo les afecta y por qué? El acento se ha puesto en la interacción entre los seres vivos y con el medio.

En este sentido es relevante la elección de los fenómenos a explicar y de las preguntas planteadas. Ello también implica que se han de plantear sub-preguntas y realizar modificaciones y adaptaciones de la pregunta o fenómeno inicial de acuerdo a la forma en que se va desarrollando el trabajo en el aula.

Por otra parte, poner el énfasis en la interacción entre los seres vivos y con el medio, implica tomar en consideración la multicausalidad. Si bien hablamos de explicaciones causales, es claro que el incorporar los tres niveles de observación escalar nos permite en el aula considerar la complejidad de los fenómenos.

Finalmente hemos de agregar dado que la escala no se define únicamente en el plano espacial, sino temporal y contextual y que un nivel escalar se genera en la interacción, establecer *a priori* los niveles escalares puede resultar una limitante en esta visión. Los niveles escalares tradicionales son un referente útil, sin dejar de considerar que en algunos casos pueden considerarse otros.

### **3.3.3.3. *Ámbito de aplicación de la propuesta***

Esta propuesta surgió tras un trabajo de investigación – acción de cuatro años en los cuales aplicamos y analizamos tres unidades didácticas, tal como lo hemos explicado en esta sección del trabajo. En el capítulo cinco y seis de este trabajo hacemos un análisis de su aplicación en el aula. Si bien nuestra intención no es generalizar y la propuesta que presentamos ha surgido en un ámbito específico a partir de interpretar incendios forestales en el aula y apoyar la construcción del modelo ser vivo, consideramos que puede ser útil en dos aspectos en el área de didáctica de las ciencias, uno para proveer instrumentos de análisis en la investigación y otro para la planificación y realización de unidades didácticas.

Para la investigación en didáctica: La propuesta de visión escalar puede aplicarse como marco de referencia para generar indicadores en el análisis de diversos instrumentos que apoyan la construcción de modelos en el aula. Algunos trabajos del departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas de la UAB han retomado esta propuesta de visión escalar para la ciencia escolar y la han aplicado. En el análisis de textos (Marba, 2004), incorporando la idea de explicación como integración de los niveles superiores e inferiores de observación escalar. En el análisis de preguntas realizadas en el aula (Roca, tesis doctoral en desarrollo), en el cual las generalizaciones y explicaciones causales son útiles para definir los tipos de preguntas en los libros de texto, esta investigadora además retoma y adapta otros aspectos de la propuesta de Pickett y colaboradores, como la predicción y la gestión. Algunos otros trabajos se encuentran en desarrollo, por lo que vemos que su integración en investigación tiene aplicabilidad.

Para apoyar el trabajo en el aula: La visión escalar para la ciencia escolar puede resultar una herramienta útil para apoyar la construcción en el aula el modelo científico escolar ser vivo y el modelo científico escolar ecosistema durante la interpretación de otros fenómenos biológicos además de los incendios forestales, en los que pueden ser utilizadas las consideraciones explicitadas en este apartado y algunos resultados del análisis de su aplicación en el aula que presentamos en este informe.



## Capítulo 4. Metodología de investigación

---

4.1. Enfoque metodológico .....	108
4.1.1. La mirada etnográfica .....	108
4.1.2. Los contextos argumentativos .....	110
4.2. Contexto de obtención de los datos: Unidad didáctica ‘Los seres vivos y los incendios forestales’ .....	111
4.3. Diseño de la investigación: instrumentos de análisis y aplicación .....	114
4.3.1. Primera etapa del análisis: Definición de cintas a transcribir .....	117
4.3.1.1. Unidad de análisis .....	117
4.3.1.2. Instrumento de análisis: gradilla de descripción de cintas .....	117
4.3.1.3. Criterios de selección .....	118
4.3.1.4. Decisión tomada: definición de cintas a transcribir .....	118
4.3.1.5. Resultado: Criterios de transcripción de trece actividades .....	120
4.3.2. Segunda etapa del análisis: Determinación de secuencias discursivas ..	122
4.3.2.1. Unidad de análisis .....	122
4.3.2.2. Instrumento de análisis: red de categorías e indicadores .....	122
4.3.2.3. Criterios de selección .....	125
4.3.2.4. Decisión tomada: definición de secuencias discursivas .....	127
4.3.2.5. Resultado: tablas de secuencias discursivas .....	129
4.3.3. Tercera etapa del análisis: Análisis interpretativo de las actividades ....	138
4.3.3.1. Unidad de análisis .....	138
4.3.3.2. Instrumento de análisis .....	138
4.3.3.3. Criterios de selección .....	138
4.3.3.4. Decisión tomada: análisis interpretativo de las seis actividades .....	138
4.3.3.5. Resultado: Análisis interpretativo de las actividades .....	139
4.3.4. Cuarta etapa del análisis: Análisis Global .....	148

## **4.1. Enfoque metodológico**

Esta investigación forma parte de un proceso más amplio que se inscribe en un paradigma de investigación–acción, en el que planificamos y llevamos al aula tres unidades didácticas sobre los seres vivos. En el capítulo precedente (capítulo 3) describimos el desarrollo de la investigación–acción y algunos de sus resultados, que son de nuestro interés para este trabajo, específicamente la propuesta de integración escalar para la ciencia escolar y su relación con las tres funciones del modelo, generando una propuesta para abordar el modelo científico escolar de ser vivo desde una visión compleja.

Por otra parte el análisis de las interacciones entre docentes y escolares que son el se inserta en una teoría sociocultural del aprendizaje y del discurso en el aula. A partir de este enfoque teórico, la metodología utilizada para el análisis de las interacciones se insertaría en un enfoque etnográfico. Siendo así, en este apartado inicialmente abordamos la perspectiva etnográfica y puntualizamos nuestros supuestos de partida, para a continuación definir lo que entenderemos por contextos argumentativos en este informe, ya que consideramos que es en estos contextos que se insertan las interacciones docentes-alumnos/as que hemos analizado.

Por lo anterior, podemos decir que este informe proviene de una investigación que tiene una doble naturaleza producto de su historia y de los intereses de las participantes, propio de las investigaciones cualitativas que intentan inscribirse en un paradigma más crítico que descriptivo.

### **4.1.1. La mirada etnográfica**

El análisis de las interacciones entre docentes y alumnos y, específicamente, de los intercambios comunicativos y la conversación empiezan a tener interés en la investigación educativa en los años ochenta, al considerarles variables importantes para la generación de los contextos de co-construcción del conocimiento, en los que el lenguaje es el instrumento por excelencia (Coll, 2001). Sin embargo, en esta época el interés se centra en los procesos lingüísticos que se generan y las reglas de la interacción entre profesores y alumnos. El énfasis está colocado en el discurso del profesor, la generación de los contextos específicos en los que las aulas se consideran entornos comunicativos con características propias, y en los que se asume que la enseñanza es un proceso comunicativo asimétrico (Green, 1983).

Actualmente en el enfoque etnográfico basado en “descubrir la clase como un espacio de investigación” (Mercer, 1996:13), es ampliamente utilizado para el análisis de las interacciones en el aula. Si bien su empleo es polémico, nos adherimos a

su uso, dado que nuestro interés es la comprensión de los procesos implicados en la construcción de significados, más que en la definición de los cambios absolutos.

Para buscar la comprensión de los procesos de construcción de significados en el aula se requiere, desde nuestro punto de vista, partir de definir la comunicación en clase como una actividad dinámica continua en la que hay una historia compartida entre docentes y escolares. Ésta se desarrolla en un *contexto* que es entendido como escenario físico, es decir, como localización física espacial y temporal, pero también como escenario psicosocial, es decir, la imagen del evento elaborada por los participantes dada su pertenencia a un grupo cultural (Calsamiglia y Tusón, 1999). Sin embargo, reconocemos también que esta contextualización es acumulativa, continua e interactiva, por lo que el lenguaje no sólo se presenta en un contexto de acción y circunstancias, sino que es también a su vez contextualizador (Mercer, 1996).

Por ello, creemos que el análisis de las interacciones en el aula requiere un conocimiento no sólo del contexto como escenario, sino un seguimiento detallado de las interacciones que se producen y de su evolución. Bajo este enfoque, el investigador no puede ser un observador externo ajeno a la actividad misma que se desarrolla. Tal como lo han propuesto algunos etnógrafos, ha de ser parte de la comunidad que investiga, ya que de otra manera no podría comprender el sentido de las interacciones.

No hay duda que esta propuesta es polémica. Por una parte ¿es posible que el investigador participe en el proceso mismo que analiza? Y de ser así, ¿cómo han de considerarse sus interpretaciones? Estas preguntas se encuentran en el centro de una de las principales preocupaciones sobre el empleo de los métodos etnográficos de investigación en educación, tal como menciona Mercer (1996:14):

“El proceso analítico de la etnografía, consistente en pasar de las observaciones a conclusiones interpretativas, es difícil de explicar. En realidad sólo se puede comunicar mediante una explicación interpretativa de los sucesos, ilustrada mediante la transcripción de secuencias de habla seleccionadas: pero en estas explicaciones es difícil demostrar que se han considerado y evaluado debidamente otras explicaciones o interpretaciones alternativas.”

Efectivamente, la interpretación de los sucesos por parte del investigador se encuentra inmersa en su propio marco de referencia teórico y práctico, y es desde éste que ha de leerse dicha interpretación.

Asumimos las críticas que en general se dirigen a la metodología etnográfica; sin embargo, también consideramos el alcance de dicha metodología para la comprensión de lo que sucede en el aula, recuperando la importancia de los

contextos específicos y sin dejar de lado la complejidad de los procesos (Jiménez y Díaz, 2003).

Las interpretaciones que hemos realizado en este informe se han de leer bajo este enfoque metodológico, en el que consideramos la dinámica de los actos de habla indisoluble de la generación del contexto y a su vez de la construcción de los significados para los participantes. Al mismo tiempo, y como ya mencionamos, la interpretación se realiza desde marcos teóricos y prácticos propios de la investigadora que la efectúa.

Con la finalidad de dar validez a las interpretaciones, siempre desde el marco metodológico descrito, las investigadoras directoras de esta tesis, han leído críticamente y aportado sugerencias al análisis realizado. Estas dos investigadoras, con amplia experiencia en el campo de la didáctica de las ciencias experimentales, no pueden considerarse como una validación externa, ya que han estado muy integradas al proceso de investigación – acción, a partir del cual se obtuvieron los datos que se analizan mediante la mirada etnográfica, pero sí han aportado puntos de vista diversos al análisis de los datos, que han obligado a consensuar la interpretación realizada.

Por otra parte, la transcripción textual de segmentos de la conversación ayuda al lector a acercarse a la interpretación del investigador al observar el aspecto de la realidad que este interpreta. Así, en el análisis que en este trabajo realizamos, incluimos constantemente transcripciones textuales de las interacciones con dicha finalidad.

#### **4.1.2. Los contextos argumentativos**

Como hemos mencionado, consideramos el contexto como elemento primordial para la interpretación de las interacciones, pero por otra parte también nos interesa el análisis del contenido de las mismas, especialmente aquel que hace referencia a la construcción de nuevos significados en el aula.

Ello se debe a que una de las finalidades de nuestro trabajo es comprender el proceso de construcción de significados sobre el modelo ser vivo. Para ello analizamos los procesos interactivos que suceden en el aula desde su contexto social y cultural. Sin embargo estimamos que las herramientas analíticas para estudiar el discurso no pueden abstraerse de los significados generados, y por tanto, consideramos el habla como acción situada en un contexto discursivo (Edwards y Potter, 1992).

Nos situamos, hemos dicho, en una perspectiva etnográfica en tanto tomamos en cuenta los conocimientos culturales, los antecedentes y los marcos de relevancia dentro de los cuales se da el discurso (Cicourel, 1992) y, al igual que Candela (1996),

tomamos esta perspectiva ampliada y abordamos la forma del discurso articulada con el contenido, en este caso de ciencias. Así, definimos el **contexto argumentativo** desde esta perspectiva contextual ampliada al incluir el contenido científico al que hace referencia.

Es bajo esta mirada que hemos analizado los datos, consistentes en conversaciones de aula, en las que consideramos este doble enfoque: de contexto y de contenido. Para ello hemos realizado un análisis en cuatro etapas. A continuación presentamos el diseño general de cada una.

#### **4.2. Contexto de obtención de los datos: Unidad didáctica ‘Los seres vivos y los incendios forestales’**

Presentamos a continuación el proceso de obtención de los datos que nos permitieron realizar el análisis de la construcción de nuevos significados en el modelo ser vivo, durante las interacciones docentes y alumnos/as, así como la función de la maqueta y de la regulación.

Las conversaciones de aula que analizamos corresponden a actividades que realizamos durante la tercera unidad didáctica, en dos grupos de quinto grado, en una escuela de Barcelona.

En estos grupos los escolares entre diez y once años, eran similares en cuanto a su forma de trabajo y características generales. Cada grupo estaba compuesto por 16 escolares, 8 niños, y 8 niñas, con al menos un 20% de niños/as procedentes de otros países, algunos se encontraban aprendiendo catalán y/o castellano. En su mayoría, los escolares tenían buena disposición para las actividades cooperativas, y se involucraban activamente en las propuestas de las docentes. El nivel del grupo era heterogéneo, con mayoría de niños/as con experiencias y conocimientos escasos y algunos escolares muy inquietos.

Las características generales de la unidad didáctica, aplicada en ambos grupos, las describimos en el capítulo 3, sección 3.2.4.

En ambos grupos grabamos las conversaciones de todas las actividades. En cada grupo realizamos 20 sesiones de trabajo, algunas de las cuales consistieron de varias actividades.

<b>Sesiones de la tercera unidad didáctica</b>
<p><b>1. Implicándonos en un problema de gestión, ¿Qué sabemos, qué necesitamos aprender?</b></p> <p>1.1. La plataforma CENDRA quiere participar en la gestión de bosques quemados, y nosotros ¿qué podemos hacer?</p> <p>1.2. ¿Qué pienso yo que puede pasar a los seres vivos en el bosque si hay un incendio?</p> <p>1.3. Hagamos una maqueta ¿cómo?, ¿para qué?, ¿qué seres vivos pondremos?</p>
<p style="text-align: center;"><b>2. Expliquemos ¿qué pasa con los seres vivos cuando hay un incendio? ¿Qué significa ‘ser vivo’? Tres ideas importantes. Explicaciones usando mecanismos (las tres ideas) y constricciones (el medio cambiante).</b></p> <p>2.1. ¿Qué hacen todos los seres vivos? Esquema de orientación con las ideas de nutrición, reproducción y relación. <i>Actividades A, B y C.</i></p> <p>2.2. Una maqueta:</p> <p>2.2.1. ¿Cómo son las plantas y animales del bosque mediterráneo? Elaboración manual.</p> <p>2.2.2. ¿Qué hay antes de poner los seres vivos?, ¿Qué hay después, qué cambia? <i>Actividad D.</i></p> <p>2.2.3. ¿Por qué pondremos este ser vivo aquí? Montaje. <i>Actividad E.</i></p> <p>2.3. ¿Qué pasa cuando las cosas cambian?</p> <p>2.3.1. El fuego: simulación y manipulación en la maqueta, Redacción de una explicación y regulación. <i>Actividad G.</i></p> <p>2.3.2. El bosque se regenera: ¿Qué pasa meses después del incendio? Segunda simulación en la maqueta. Redacción de explicación. <i>Actividad L.</i></p> <p>Actividades complementarias.</p> <p>2.4 El medio: Visita al pino del jardín. ¿Cuáles son las condiciones del medio el día de hoy, qué significa el medio para un pino, y para un insecto? (Identificando constricciones) <i>Actividad F.</i></p> <p>2.5. Los sentidos: Oliendo incienso, probando chocolate, ¿cómo sé lo que pasa fuera?, ¿qué pasa dentro de mi cuerpo?, ¿cómo respondo? (Identificando mecanismos). <i>Actividad K.</i></p> <p>2.6. La germinación: Pongamos una semilla a germinar, ¿qué necesitó para crecer?, ¿qué pasaría dentro de su cuerpo? (identificando mecanismos y constricciones). <i>Actividad J.</i></p>
<p style="text-align: center;"><b>3. Hagamos una justificación científica de lo que pasa con los seres vivos cuando las cosas cambian</b></p> <p>3.1. El bosque se regenera, pero dividamos la maqueta en dos parcelas, en una ha llovido, en otra no. ¿Qué pasa en cada una? Expliquemos usando mecanismos y constricciones. Redacción final y regulación. <i>Actividad M.</i></p>
<p style="text-align: center;"><b>4. Visita al bosque de Montserrat</b></p> <p>4.1. ¿Qué vamos a hacer? Ideas de partida ¿Quién vive en el bosque? Conversación</p> <p>4.2. Visitemos el bosque. Caminata y reconocimiento de especies y condiciones. <i>Actividad H.</i></p> <p>4.2.1. ¿Dónde estamos? Ubicación y orientación</p> <p>4.2.2. Visita al Monasterio</p> <p>4.3. Ejercicio en clase: ¿Qué encontramos en el bosque? <i>Actividad I.</i></p>
<p style="text-align: center;"><b>5. Aplicación en otras áreas y propuesta de gestión</b></p> <p>5.1. ¿Qué hemos aprendido, para qué nos sirve, les sirve a otros? ¿Qué proponemos a la plataforma CENDRA?</p> <p>5.2. ¿Pasa lo mismo en otras partes del mundo? Vídeo incendios en los bosques mediterráneos</p> <p>5.3. ¿Pasa lo mismo cuando hay otras perturbaciones? Construyendo autopistas</p>

**Tabla 4-1. Fuente de los datos a analizar, sesiones realizadas durante la tercera unidad didáctica.**

Hemos considerado como *sesiones* los temas a tratar y los presentamos en la tabla 4-1. Con *actividades* nos referimos a una clase que iniciaba y terminaba en un día. Algunas sesiones se llevaron a cabo en varias clases, por lo que se realizaron varias actividades. Cabe comentar que para cada actividad preveíamos un ciclo completo de trabajo, es decir, una introducción, desarrollo y conclusión, aunque la sesión no terminara con esa actividad. Por ejemplo, la sesión 2.1. ¿Qué hacen todos los seres vivos? Esquema de orientación con las ideas de nutrición, reproducción y relación, se desarrolló en tres *actividades*: A, B y C. En cada actividad el objetivo específico era diferente:

Actividad A: Organizar las diversas actividades que realizan los seres vivos en tres funciones: reproducción, nutrición y relación.

Actividad B: Revisar el esquema de orientación propuesto y ahondar en la función reproducción.

Actividad C. Revisión del esquema y realización de un ejercicio de aplicación.

Cabe mencionar que el número de actividades por sesión y los objetivos específicos los definíamos en función del desarrollo de las mismas sesiones a lo largo de la unidad didáctica, ya que era difícil preverlo con anticipación. Sin embargo, siempre intentamos que cada actividad tuviera congruencia interna, y se cerrara, al menos respecto al aspecto tratado en la misma.

En la tabla 4-1 señalamos las actividades transcritas, las cuales fueron: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L y M.

Para la obtención de los datos, consistentes en las grabaciones de audio de la totalidad de las sesiones de clase, utilizamos una grabadora personal portátil. Colocábamos la grabadora en la parte anterior de la clase, durante las actividades de manipulación de la maqueta la grabadora la situábamos al lado de la misma.

Cada cinta era marcada con un código de cinta. Algunas veces teníamos dos cintas por sesión o una cinta con varias sesiones, en los códigos de las cintas tomábamos en consideración el número de cinta, el grupo, la actividad y el lado de la cinta A o B.

Debido a que era necesario preparar el material para las clases no realizamos la transcripción de las cintas de forma inmediata, sino que las cintas fueron transcritas al terminar la unidad didáctica.

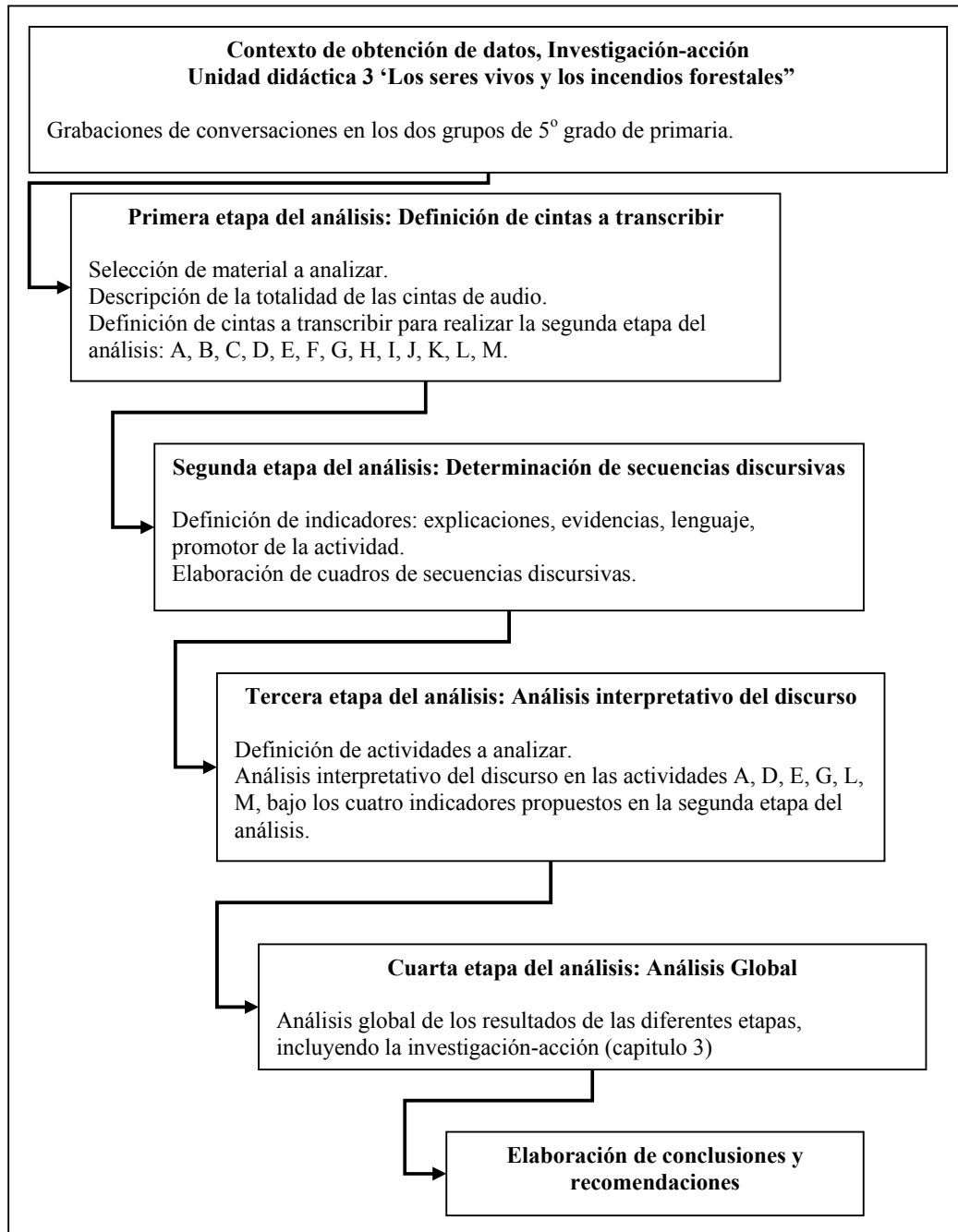
Para el análisis de los datos utilizamos un enfoque metodológico de carácter etnográfico. A continuación explicitamos nuestros supuestos de partida respecto a dicho enfoque, para posteriormente describir el procedimiento de análisis.

### **4.3. Diseño de la investigación: instrumentos de análisis y aplicación**

Hemos dividido la presentación del diseño metodológico en cuatro etapas para el análisis. Cabe decir que atribuimos al diseño una linealidad con fines expositivos, pero que en la práctica ha sido un proceso recursivo de construcción con constantes reconstrucciones en y entre etapas.

La discriminación de los datos a analizar en cada etapa, fue resultado de un ir y venir entre su significatividad y los objetivos del trabajo. Para cada etapa de análisis tomamos decisiones metodológicas que se explicitan a continuación. En el esquema 4-1 mostramos de forma resumida y esquemática las cuatro etapas del análisis. En cada una usamos un instrumento de análisis y tomamos decisiones metodológicas, obteniendo un producto que nos servía para realizar la siguiente etapa (ver esquema 4-2).



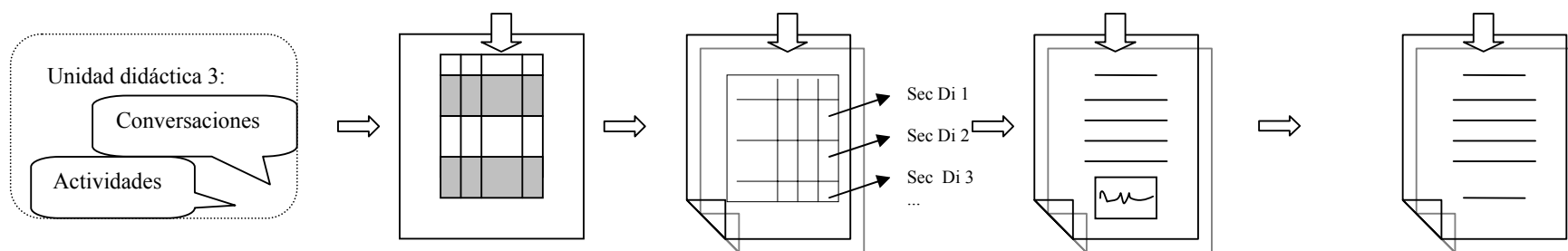


Esquema 4-1. Diseño metodológico y etapas del análisis de la investigación.

4. Metodología de investigación

Esquema 4-2. Evolución y redefinición de la unidad de análisis en el desarrollo metodológico.

Etapas del análisis de los datos y decisiones metodológicas				
Etapas del análisis	Primera etapa del análisis	Segunda etapa del análisis	Tercera etapa del análisis	Cuarta etapa del análisis
<b>Unidad de análisis</b>	Descripción de la <i>totalidad de las cintas</i> de audio del grupo 5a.	<i>Trcripciones de las actividades</i> definidas en el primera etapa del análisis.	<i>Secuencias discursivas</i> por actividad.	Análisis interpretativo del discurso.
<b>Instrumento de análisis</b>	Gradilla de descripción.	Red de categorías e indicadores y definición.	No hay.	No hay.
<b>Criterios de selección</b>	Significatividad de las actividades en función a los objetivos de la investigación.	Aplicación de indicadores.	Descripción interpretativa de las actividades de acuerdo a los objetivos (manipulación de maqueta y elaboración de esquema de ser vivo).	Significatividad de las interacciones en función a los objetivos.
<b>Decisión tomada</b>	<i>Definición de cintas a transcribir.</i>	<i>Determinación de secuencias discursivas.</i>	<i>Análisis del discurso y descripción interpretativa por indicador.</i>	<i>Retomar de forma global el análisis del discurso en función a los objetivos planteados.</i>
<b>Resultado</b>	<b>Trscripción de 13 cintas</b> del 5a, correspondientes a 13 actividades.	<b>Tablas de secuencias discursivas</b> (Sec Di) por actividad.	<b>Análisis interpretativo del discurso</b> de las actividades elegidas.	<b>Análisis interpretativo global</b> , da lugar a las conclusiones y recomendaciones.



### 4.3.1. Primera etapa del análisis: Definición de cintas a transcribir

La finalidad de esta etapa fue seleccionar de entre todas las 68 cintas con que contábamos, aquellas que transcribiríamos para su análisis.

#### 4.3.1.1. Unidad de análisis

Al iniciar el proceso de análisis contábamos con un total de 68 cintas de audio que contenían conversaciones grabadas de las interacciones docentes – alumnos. Éstas incluían los dos grupos con que trabajamos 5<sup>a</sup> y 5<sup>b</sup>. De la cinta 1 a la 34 correspondían al 5<sup>a</sup> y de la 35 a la 68 al 5<sup>b</sup>.

Una primera decisión metodológica fue analizar el discurso únicamente sobre los datos obtenidos en el grupo 5<sup>a</sup>, es decir de la cinta 1 a la 34. La elección del grupo fue al azar. De este grupo acordamos inicialmente escuchar todas las cintas y describir el contenido general de cada una, con la finalidad de definir las de interés para su transcripción.

Así nuestra primera unidad de análisis en esta etapa consistió en la totalidad de las cintas de audio para el grupo 5<sup>a</sup> (la 1 a la 34).

#### 4.3.1.2. Instrumento de análisis: gradilla de descripción de cintas

Diseñamos una gradilla de descripción en la que se colocaría el número de la cinta, asignado progresivamente para facilitar su manejo, el contenido general de la cinta y la decisión metodológica de transcribirla o no transcribirla (tabla 4-2).

Número de cinta	Contenido general Descripción	Decisión metodológica

Tabla 4-2. Gradilla de descripción del total de cintas grabadas para 5<sup>a</sup>.

#### **4.3.1.3. Criterios de selección**

Procedimos a escuchar el contenido de las cintas de audio, con ello realizamos también una revisión general del desarrollo de la unidad didáctica. La experiencia que teníamos como docentes e investigadoras al diseñar y realizar las actividades de aula nos facilitó una visión de conjunto sobre el material y nos ayudó a la toma de decisiones.

Buscando identificar el potencial para el análisis de generación de nuevos significados en el aula en relación al modelo ser vivo, decidimos transcribir sólo algunas cintas, para tomar esta decisión consideramos los siguientes criterios:

- Presencia de interacciones docentes – alumnos en las que inicialmente nos pareciera que había construcción de nuevos significados.
- Presencia de manipulación de la maqueta.
- Que nos permitiera reflejar una continuidad entre las actividades.
- Daríamos prioridad a las actividades realizadas en los segmentos introducción de nuevos puntos de vista y síntesis, en las que se generaban de forma más evidente nuevos significados.

#### **4.3.1.4. Decisión tomada: definición de cintas a transcribir**

Tomando en consideración lo anterior describimos la totalidad de las cintas y seleccionamos aquellas que serían transcritas en su totalidad. El resultado fue la gradilla de descripción de cintas, que presentamos en la tabla 4-3.

Como podemos observar en la tabla 4-3, decidimos transcribir 13 cintas:

- En las que se realizó la manipulación de la maqueta, debido a que nuestro objetivo era analizar la función de la misma en la construcción de significados.
- En las que se construyó del esquema de orientación, puesto que era un elemento utilizado en el resto de las actividades, se encontraba la génesis de algunas ideas que posteriormente eran utilizadas y contenía interacciones que en principio nos parecían interesantes para la construcción de significados en el modelo ser vivo.
- En las que se visitó el bosque ya que la consideramos una actividad básica en la unidad didáctica.
- En las que se realizaron experiencias complementarias ya que encontramos interacciones significativas para la construcción de nuevos significados.

Número de cinta	Contenido general Descripción	Decisión metodológica
1- a la 13	Presentación de la docente nueva, cuanto de tres láminas sobre las actividades de la docente nueva en su país de origen, exploración de las ideas de partida de los escolares, comentarios sobre sus dibujos, representación de objetivos y comentarios sobre la planificación.	Sólo descripción
14	Ejercicio de imaginación ¿qué hay antes de montar la maqueta?	Por analizar segunda etapa
15	Instrucciones para elaborar los mapas político y geográfico y localización de Montserrat en los mapas. Discusión sobre qué se encontró de información sobre Montserrat en Internet.	Sólo descripción
16	Construcción del esquema de ser vivo. También ejercicio del equipo 2.	Por analizar segunda etapa E2 sólo descripción
17	Revisión del esquema de ser vivo, reproducción y relación.	Por analizar segunda etapa
18	Elaboración del esquema ser vivo y ejercicio de aplicación.	Por analizar segunda etapa
19	Conversación del equipo 1 sobre cómo colocan los enunciados en el esquema de seres vivos	Sólo descripción
20	Montaje en la maqueta de los árboles	Por analizar segunda etapa
21	Conversación sobre qué encontraremos en Montserrat y trabajo con mapa político.	Sólo descripción
22	Ven el tipo de rocas que encontraremos en Montserrat.	Sólo descripción
23	Comentarios sobre qué ha cambiado en la maqueta ahora que hemos puesto los seres vivos, y qué es el medio recuperando la visita al pino	Por analizar segunda etapa
24	Manipulación de la maqueta simulando un incendio forestal.	Por analizar segunda etapa
25	Trabajo con mapa político y geográfico.	Sólo descripción
26	Comentarios en Montserrat durante la salida.	Por analizar segunda etapa
27	Comentarios sobre la salida a Montserrat, ejercicio por parejas	Sólo descripción
28	Comentarios sobre la salida a Montserrat, que plantas vieron y las que están protegidas.	Por analizar segunda etapa
29	Discusión sobre las plantas que han germinado y comparación entre ellas, explicación de la fotosíntesis.	Por analizar segunda etapa
30	Ejercicio del incienso para ver estímulo- respuesta.	Por analizar segunda etapa
31	Regulación de la actividad sobre nutrición en plantas, los estudiantes hacen una representación teatral de la fotosíntesis. Posteriormente mejoran sus dibujos.	Sólo descripción
32	Manipulación de la maqueta pensando en qué pasa durante los primeros cinco o seis meses después del incendio.	Por analizar segunda etapa
33	Manipulación de la maqueta en dos parcelas, con lluvias normales y sequía.	Por analizar segunda etapa
34	Elaboración de carta a plataforma CENDRA, comentarios finales.	Sólo descripción

**Tabla 4-3. Contenido general de las cintas de audio y decisión metodológica respecto a cuáles se transcribirán en la segunda etapa del análisis.**

#### 4. Metodología

En la tabla 4-3 mostramos que de las 34 cintas descritas, seleccionamos trece para su transcripción. En la tabla 4-4 resumimos las cintas que seleccionamos para ser transcritas. A cada una le asignamos una letra de actividad para facilitar su seguimiento en el análisis posterior.

<b>Grupo 5a</b>		
<b>Cintas transcritas</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Tarea que se realiza</b>	<b>Número de cinta</b>
<b>A</b>	Construcción del esquema de ser vivo	16
<b>B</b>	Entrega del esquema plastificado y comentarios	17
<b>C</b>	Revisión del esquema y ejemplificación de su uso	18
<b>D</b>	Observación de la maqueta sin seres vivos, el medio	14
<b>E</b>	Montaje de árboles en la maqueta	20
<b>F</b>	Maqueta con seres vivos, ¿qué ha cambiado?	23
<b>G</b>	Simulación en la maqueta de incendio forestal ¿qué pasa con los seres vivos?	24
<b>H</b>	Comentarios en la montaña de Montserrat	26
<b>I</b>	Comentarios después de la salida a Montserrat	28
<b>J</b>	Experimentación de crecimiento de plantas: función nutrición.	29
<b>K</b>	Experimentación con diferentes sensaciones. Función relación	30
<b>L</b>	Regeneración del bosque, sucesión, ¿qué sucede los primeros cinco meses?	32
<b>M</b>	Comparación dos situaciones diferentes, división de la maqueta en dos parcelas, con lluvia y sequía	33

**Tabla 4-4. Cintas transcritas para el grupo 5a y analizadas en la segunda etapa. El orden en que presentamos las actividades atiende al orden en que fueron realizadas en la unidad didáctica, a pesar de que el número de cita no sea progresivo.**

#### **4.3.1.5. Resultado: Criterios de transcripción de trece actividades**

Los criterios para la transcripción de las cintas los tomamos de Tusón (1995) y Payrató (1995) (en: Casamiglia y Tusón, 1999: 361-363) y otros que incluimos dada la convivencia de catalán y castellano en las conversaciones. Estos criterios los presentamos en la tabla 4-5.

<b>Criterios de transcripción de las cintas de audio</b>	
1.	Numeración progresiva de las líneas a la izquierda.
2.	Uso de grafías normales.
3.	Uso de cursivas cuando se introducen frases en catalán mientras se habla en castellano, o viceversa.
4.	<i>Respecto a los participantes</i>
	D1.- docente uno
	D2.- docente dos
	Na.- niña
	No.- niño
	Ns.- varios niños y/o niñas hablando a la vez
5.	<i>Símbolos prosódicos:</i>
	? entonación interrogativa
	! entonación exclamativa
	pausa breve
	pausa mediana
	<...> pausa larga
6.	<i>Símbolos relativos a los turnos de palabra:</i>
	= = al principio de un turno para indicar que no ha habido pausa después del turno anterior
	=...= solapamiento de dos turnos
7.	<i>Otros símbolos:</i>
	[...] fenómenos no léxicos, tanto vocales como no vocales, p. ej. [risas], [escribiendo en la pizarra]
	(???) palabra o frase inteligible o dudosa
	(( )) comentarios de la transcriptor

**Tabla 4-5. Convenciones de transcripción de las conversaciones, adaptado de Calsamiglia y Tusón (1999).**

La transcripción textual de las trece cintas se encuentra en el anexo IV. Aquí presentamos un ejemplo de transcripción a modo ilustrativo:

....

102 D1.- bueno muy bien Josy | ha empezado un incendio | pero bueno | qué pasaría con todas las  
103 plantas y animales que hay

104 Na.- los pájaros volarían | las animales saldrían huyendo | los que están más cerca primero

105 D1.- -- pasa a moverlos || y cómo es que las aves saben que hay un incendio?

106 Na.- porque vuelan

107 D1.- a ver porque vuelan no | vuelan porque saben que hay un incendio/

108 No.- porque lo ven

109 Na.- = = perquè fa olor

110 D1.- por la vista

111 Na.- por el olfato

112 Na.- = = por el olfato

113 Na.- porque sienten el calor

114 D1.- por ejemplo este que está aquí podría sentir el calor verdad?

115 Ns.- = = sí

116 D1.- cuando estamos hablando de que ven | de que sienten y podría ser que escucharan algo?

117 No.- sí las ondas

118 D1.- las ondas de que?

119 No.- del fuego

#### 4. Metodología

- 120 Na.- de calor
- 121 Na.- = = sí! puede ser
- 122 D1.- puede ser que escucharan durante el incendio
- 123 No.- prrrr
- 124 D1.- cuando estamos hablando de que las aves pueden oler | ver | se acuerdan de nuestro
- 125 cuadro dijimos que era muy importante que los seres vivos se nutrieran | se reprodujeran y
- 126 se relacionaran | cuando estamos hablando de que las aves salen volando porque pueden ver
- 127 | escuchar y oler el incendio | de qué estamos hablando? | de estas tres?
- 128 Na.- la re | reproducció
- 129 D1.- la reproducción?
- 130 Na.- no
- 131 D1.- sería la reproducción de las aves?
- 132 Na.- que cogen información del medio
- .....

### **4.3.2. Segunda etapa del análisis: Determinación de secuencias discursivas**

En esta etapa la finalidad era definir las categorías e indicadores para el análisis del discurso de las cintas transcritas.

#### **4.3.2.1. Unidad de análisis**

La unidad de análisis en esta etapa fueron las transcripciones de las trece actividades seleccionadas. Las analizamos a partir de la definición de categorías cualitativas que describimos en el siguiente apartado.

#### **4.3.2.2. Instrumento de análisis: red de categorías e indicadores**

Para definir las categorías que nos permitieran analizar el discurso en el aula y siendo congruentes con la perspectiva etnográfica fuimos realizando aproximaciones sucesivas, en función a los objetivos propuestos, los marcos de referencia teóricos y al contenido mismo de las transcripciones, que dieron como resultado el establecimiento de indicadores específicos. Para ello, modificamos y adaptamos los indicadores al aplicarlos a los datos, de tal forma que se presentó un juego entre los supuestos teóricos, observaciones e interpretaciones.



Sobre la forma como realizamos las aproximaciones sucesivas en el análisis, citamos a Candela (1996:101), ya que nos encontramos reflejadas en sus reflexiones:

“La mirada etnográfica esta orientada por categorías teóricas que interesan al investigador, pero es el análisis fino de las situaciones de interacción, la búsqueda del sentido de los datos para los actores del proceso, en un ir y venir entre referentes teóricos y lecturas sucesivas de las transcripciones, lo que permite ir creando categorías analíticas que medien entre lo observado y la construcción teórica (Rockwell, 1982), sin separarse del complejo carácter específico y circunstanciado de lo dicho en el discurso (Geertz, 1987).”

Finalmente delimitamos cuatro categorías: Explicaciones, Evidencias, Regulación y quién promueve la actividad. Para cada indicador encontramos diversas categorías. Estas las organizamos en la red sistémica que presentamos en la figura 4-1.

4. Metodología

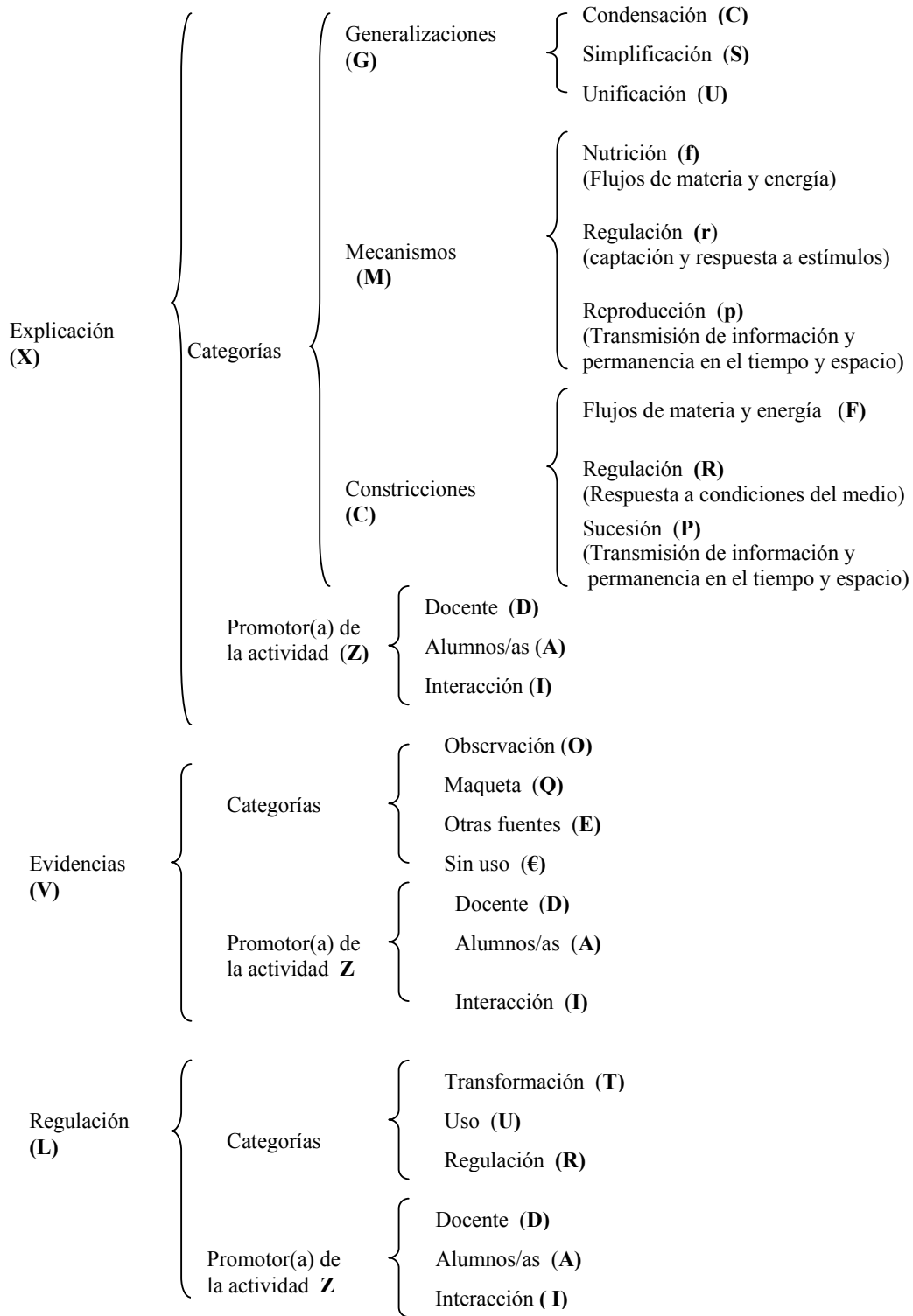


Figura 4-1. Red sistémica de indicadores para la segunda etapa del análisis

### 4.3.2.3. Criterios de selección

Para aplicar los indicadores al discurso tomamos en consideración los aspectos que se precisan en la tabla 4-6, en la que describimos las categorías y referencias para el indicador explicaciones, y las tablas 4-7, 4-8 y 4-9 en las que describimos las categorías para los indicadores evidencias, regulación y promotor de la actividad.

<b>Indicador Explicaciones (X)</b>		
<b>Categoría</b>	<b>Referencia</b>	<b>Descripción de la referencia</b>
Generalización (G) Patrón de observaciones al nivel organismo	Condensación (C)	Frase sumaria de varias observaciones.
	Simplificación (S)	Identificación de la esencia del fenómeno.
	Unificación (U)	Se emparejan dominios, es decir dos conjuntos de observaciones se relacionan en función a ciertas características que comparten.
<b>Categoría</b>	<b>Referencia</b>	<b>Descripción de la referencia</b>
Mecanismo (M) Tendencia a explicar estableciendo relaciones con el nivel inferior a organismo	Nutrición (f) (Flujos de materia y energía)	Respiración, digestión, fabricación de alimento por plantas, sistemas de transporte.
	Relación (r) (Captación y respuesta a estímulos)	Sentidos, captación de estímulos, transmisión, traducción y respuesta
	Reproducción (p) (Transmisión de información y permanencia en el tiempo y espacio)	Información genética, progenitores, cruzamiento, transmisión y mantenimiento de la información.
<b>Categoría</b>	<b>Referencia</b>	<b>Descripción de la referencia</b>
Constricción (C) Tendencia a explicar estableciendo relaciones con el nivel superior a organismo (ecosistema)	Flujos de materia y energía (F)	Redes tróficas, energía disponible del sol, ciclo de nutrientes, incendio (aporte de energía), ciclo del agua.
	Regulación – respuesta a condiciones del medio (R)	Crecimiento en sombra o luz, distribución y abundancia relacionada a factores ambientales.
	Sucesión (P) Permanencia en el espacio y el tiempo	Sucesión, facilitadores (etapas de la sucesión), dinámica de las poblaciones, distribución y abundancia relacionada con la sucesión (tamaño población, presencia de parejas, composición de edades, cohortes)

Tabla 4-6. Descripción de categorías y referencias para el indicador explicaciones.

#### 4. Metodología

Indicador	Categoría	Descripción de la categoría
<b>Evidencias (V)</b> Fuente de relación con los hechos que apoyan las explicaciones	Observación (O)	Se vinculan a observación directa o referenciada a las observaciones realizadas en la unidad didáctica.
	Maqueta (Q)	Se vinculan con observaciones y experiencias generadas en la maqueta, tanto de la preparación de prototipos como su montaje y manipulación.
	Otras fuentes (E)	Se vinculan a experiencias antecedentes, vividas en situaciones pasadas por los estudiantes. Se vinculan a experiencias que se dan por reconocidas culturalmente. Las profesoras recurren a experiencias previas propias o que dan por hecho que conocen los alumnos. Extraídas de fuentes de autoridad, como las mismas profesoras, los libros o documentos escritos, la televisión, los padres.
	Sin evidencias (¥)	Cuando el discurso no se vincula con hechos que se utilicen como evidencia.

**Tabla 4-7. Descripción de categorías para el indicador Evidencias.**

Indicador	Categoría	Descripción de la categoría
<b>Regulación (L)</b> Proceso de toma de conciencia o de reelaboración de ideas	Transformación (T)	Se introduce una nueva palabra o expresión generando un nuevo significado a partir de las ideas antecedentes de los niños y niñas.
	Uso (O)	Palabras o expresiones que han sido objeto de regulación durante otras actividades.
	Regulación (L)	Se corrige, matiza o especifica el significado o uso de una idea.
	Sin presencia de regulación (£)	Cuando en el discurso no se presentan actividades de toma de conciencia, precisión, matiz o corrección de una idea.

**Tabla 4-8. Descripción de categorías para el indicador Regulación.**

Indicador	Categoría	Descripción de la categoría
<b>Promotor(a) de la actividad (Z)</b> Persona o personas que tienen la mayor contribución para la generación del significado	Docentes (D)	Las docentes promueven la actividad o hacen las contribuciones más significativas para la explicación, evidencia o regulación según sea el caso.
	Alumnos/as (A)	Los alumnos o alumnas promueven la actividad o hacen las contribuciones más significativas para la explicación, evidencia o regulación según sea el caso.
	Interacción (I)	La actividad o contribuciones más significativas para la explicación, evidencia o regulación, según sea el caso, se promueve en la interacción, participando las docentes y los o las alumnas de manera complementaria.

**Tabla 4-9. Descripción de categorías para el indicador Promotor de la actividad**

#### **4.3.2.4. Decisión tomada: definición de secuencias discursivas**

Siendo el objeto de estudio la construcción de significados en torno al modelo ser vivo, la unidad de análisis natural es la actividad que se desarrolla en una sesión de clase que tiene una continuidad en el tiempo y que está definida por el tratamiento de un tema particular y la realización de una tarea. A dichas tareas que definimos en la primera etapa del análisis como *actividades* A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L y M se aplicaron los indicadores para así obtener las secuencias discursivas.

Por lo anterior, al igual que Candela (1996) identificamos unidades de análisis a dos niveles: un nivel contextual general, que es la *actividad*, en el que está definida la temática, la tarea a realizar y la dinámica general de la interacción y, otro contextual particular en el que definimos las *secuencias discursivas* específicas delimitadas por la interacción sobre un nivel escalar preciso y un tema puntual, lo cual implica una relación específica de las docentes y escolares con el contenido.

Así, el problema de estudio condiciona las características de las unidades de análisis. La actividad como contexto y la construcción de significados como objeto de análisis demanda que las unidades mínimas de análisis sean secuencias de interacción y no frases o comentarios descontextualizados.

Al aplicar los indicadores al discurso, vimos entonces necesario diferenciar secuencias discursivas para tener unidades de conversación sobre las cuales trabajar un análisis más fino. Las *secuencias discursivas* son fragmentos secuenciales del discurso que conforman una unidad de significado conjunta y que se diferencia de otras secuencias discursivas que hacen referencia a significados diferentes en el seno del mismo espacio semiótico.

En el caso específico de esta investigación, el elemento clave que guía la definición de un significado conjunto hace referencia al nivel de observación de la explicación, de acuerdo a la visión escalar que hemos definido a lo largo de la misma. Por ello, utilizamos la categoría explicaciones (mecanismos, generalizaciones o constricciones) para definir las secuencias discursivas. Posteriormente en cada secuencia discursiva asignamos los indicadores de las categorías correspondiente a evidencias, regulación y promotor de la actividad.

Los criterios que utilizamos para definir en qué nivel escalar se situaba la conversación, los describimos en la tabla 4-10.

<b>Criterios de aplicación del indicador Explicaciones</b>	
<b>Categoría: Generalización G</b> Patrón o fenómeno a explicar a nivel organismo	
Referencia	Criterios de aplicación en el análisis de las interacciones
Condensación Co  Frase sumaria de varias observaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se resumen varias observaciones en una frase sumaria. Puede o no darse después de un proceso de simplificación.</li> </ul>
Simplificación Si  Identificación de la esencia del fenómeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conjunto de observaciones en las que se van identificando o eliminando variables o elementos que son de interés o no para el modelo.</li> <li>Conjunto de observaciones en las que se ejemplifican o enumeran diferentes casos o se hacen especificaciones sobre un mismo caso.</li> <li>Observaciones en las que se hacen comparaciones o se van dando alternativas.</li> <li>Observaciones en las que se usan las palabras:            Por ejemplo, pero no sólo; además; aquí hay o pasa A, y aquí no hay o no pasa A; podríamos hacer A, ¿sí o no?, y entonces podríamos hacer B, ¿sí o no?; específicamente con A qué pasa, ¿que hace A?, ¿hace también como B o distinto?, comparando con B que hace A, qué pasa en A.</li> </ul>
Unificación U  Emparejamiento de dominios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se emparejan dominios utilizando la esencia del fenómeno para tal fin. X pasa en A, pero X también pasa en B; si en A, X es así, se llama así o pasa así, como pasará X, en B.</li> </ul>
<b>Categoría: Constricción C</b> Explicaciones causales o descripción de procesos o estructuras que <b>tienden hacia el nivel superior de organización.</b>	
Descripción de estructuras. <ul style="list-style-type: none"> <li>Se describen la organización espacial. Toma la forma: A esta acá y en este lugar está B, y acá C... esta formado por A, B, y C</li> </ul>	
Descripción de procesos. <ul style="list-style-type: none"> <li>Se describe la organización temporal. Toma la forma: pasa A y después pasa B, y C...; se utilizan las entidades generadas en la unidad didáctica o conocidas con antelación y se relacionan temporalmente, el hilo temporal o espacial les da una continuidad.</li> </ul>	
Causalidad explícita. <ul style="list-style-type: none"> <li>Cuando se presentan las formas causales: Si A entonces B; A sí y sólo sí B; A influye o condiciona a B (lo facilita, lo dificulta, lo imposibilita).</li> </ul>	
Causalidad no explícita No se presentan explícitamente las formas causales mencionadas en la causalidad explícita, sin embargo, es posible inferir la causalidad. En el discurso oral estas formas se presentan constantemente, los implícitos del discurso y la historia de mismo nos permiten reconocerlas.	

<b>Categoría: Mecanismo M</b> Explicaciones causales o descripción de procesos o estructuras que <b>tienden hacia el nivel inferior de organización.</b>
<p>Descripción de estructuras. Se describen estructuras espacialmente. A toma la forma, tamaño, posición, color, ..., esta acá y en este lugar está B, y acá C..., esta formado por A, B, y C.</p>
<p>Descripción de procesos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando se describen los procesos. Toma la forma: pasa A y después pasa B, y C...; se utilizan las entidades generadas en la unidad didáctica o conocidas con antelación y se relacionan temporalmente, el hilo temporal o espacial les da una continuidad.</li> </ul>
<p>Causalidad explícita.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando se presentan las formas causales: Si A entonces B; A sí y sólo si B; A influye o condiciona a B (lo facilita, lo dificulta, lo imposibilita).</li> </ul>
<p>Causalidad no explícita</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se presentan explícitamente las formas mencionadas en el apartado anterior, sin embargo es posible inferir la causalidad. En el discurso oral estas formas se presentan constantemente, los implícitos del discurso y la historia de mismo nos permiten reconocerlas.</li> </ul>

**Tabla 4-10. Explicitación de los criterios aplicados en el análisis de los datos para las categorías y referencias del indicador Explicaciones.**

#### **4.3.2.5. Resultado: tablas de secuencias discursivas**

A continuación ejemplificamos la aplicación de los indicadores al discurso, y la construcción a partir de ello de las tablas de secuencias discursivas. Dado que como hemos reiterado consideramos que para la aplicación de categorías a los datos es necesario tomar en cuenta el contexto y el sentido de las ideas en la conversación global, hemos insertado los ejemplos siguientes en el contexto global de una clase.

Seguimos en la ejemplificación el mismo procedimiento que nos llevo a identificar los indicadores en cada secuencia. Inicialmente tomamos el indicador explicaciones, ya que éste nos sirvió definir cada secuencia discursiva. Posteriormente para cada secuencia identificamos los indicadores evidencias, regulación y promotor de la actividad. Para el indicador explicaciones empezamos ejemplificando las generalizaciones, posteriormente los mecanismos y finalmente las constricciones.

##### **1. Las Generalizaciones: Condensaciones, simplificaciones y unificaciones**

En la cinta 17 actividad B ‘Entrega del esquema ser vivo’, las docentes proporcionan a los estudiantes el esquema de orientación de ser vivo que han elaborado la clase anterior. Éste se revisa y se discuten algunas ideas. Gran parte del discurso en esta clase se centra en la idea de reproducción y transmisión de información. Al inicio las docentes retoman las ideas expresadas por los escolares en un ejercicio anterior en el

#### 4. Metodología

que se identificaban qué cosas compartían todos los seres vivos. Partiendo de la línea 57 en la transcripción tenemos:

D1.- en uno de los equipos me decían | **no vienen de las fábricas** | te acuerdas  
No.- sí  
D1.- te acuerdas Miguel y Javi?  
No.- sí que no venían de las fábricas **venían de otros seres vivos**  
D1.- que no venían de las fábricas sino de otro ser vivo | **y ese ser vivo del que venían de dónde venía?**  
No.- **de otro**  
D1.- **y ese?**  
Ns.- **de otro y de otro y de otro**  
D1.- y ese  
D2.- = = escutem | **una marieta pot tenir un fill que sigui una serp**  
Ns.- no  
D2.- **per tant vindra** de un ésser viu diferent  
No.- = = no  
D2.- **de un ésser viu similar** | veritat |

En la interacción anterior observamos un proceso de **simplificación** en el que se pretende determinar la esencia del fenómeno: los seres vivos vienen de otros que se parecen a ellos. Esta regularidad requiere una explicación a través de los mecanismos de transmisión de información, que no se da en esta secuencia, sino que se presenta más adelante. Así, en esta secuencia la conversación está ubicada a nivel organismo. Es una generalización tipo simplificación. En cuanto al **promotor de la actividad**, en este caso consideramos que se hace en **interacción**, ya que las aportaciones de los alumnos y de las docentes tienen un peso importante en el desarrollo de la idea. Hemos considerado que la idea de que los seres vivos no vienen de las fábricas es una aportación de los alumnos, que la maestra ha retomado.

También encontramos una **evidencia por otras fuentes** en la que una prueba de que los seres vivos vienen de otros es que no vienen de las fábricas. En este caso se usan dos grupos mutuamente excluyentes en los que si un elemento no pertenece a uno de los grupos, entonces necesariamente pertenece al otro. Consideramos que esta **evidencia proveniente de otras fuentes** como las *experiencias previas* de los escolares relacionadas con la procedencia de las ‘cosas’ y de los ‘seres vivos’, y es **aportada por un alumno**, ya que aunque es enunciada por la maestra ésta la retoma y explicita la procedencia:

D1.- en uno de los equipos me decían | no vienen de las fábricas | te acuerdas  
No.- sí

Por otra parte, **la maestra aporta otra evidencia (otras fuentes)**, apelando a las experiencias previas de los niños:

D2.- escutem | una marieta pot tenir un fill que sigui una serp  
Ns.- no

La evidencia apoya la idea de similitud entre la descendencia, que se explicará a través de la transmisión de información que se introduce más adelante en la



conversación. Por lo anterior consideramos que **la evidencia se promueve en interacción** en la que tanto la maestra como los alumnos aportan información significativa.

Por último, respecto a la **regulación**, observamos que se regula lo que significa ‘ser vivo’. Dicha regulación es promovida por **los alumnos**, quienes han aportado la idea que permite incorporarlos a un conjunto con una característica específica: provienen de otros seres vivos.

No.- sí que (*los seres vivos*) no venían de las fábricas venían de otros seres vivos

Así, esta sección del discurso la definimos como una **secuencia discursiva**, en la que un segmento del discurso tiene unidad en tanto se aborda un tema específico a un nivel escalar reconocible. Siguiendo este procedimiento para cada secuencia discursiva asignamos los indicadores de todas las categorías.

En el discurso general fuimos reconociendo estas secuencias discursivas e identificándolas en un cuadro de secuencias discursivas por actividad. Con el ejemplo anterior mostramos en la tabla 4-10 un fragmento de dicha tabla.

Línea	Datos	Indicadores															
		Explicaciones				Evidencias					Regulación						
		G	M	C	z	O	Q	V	€	z	T	O	L	£	z		
57	D1.- en uno de los equipos me decían   no vienen de las fábricas, te acuerdas No.- sí D1.- te acuerdas Miguel y Javi? No.- sí que no venían de las fábricas venían de otros seres vivos D1.- que no venían de las fábricas sino de otro ser vivos   y ese ser vivo del que venían de dónde venía? Marc.- de otro D1.- y ese? Ns.- de otro y de otro y de otro D1.- y ese D2.- = = escutem   una marieta pot tenir un fill que sigui una serp Ns.- no D2.- per tant vindra de un ésser viu diferent No.- = = no D2.- de un ésser viu similar   veritat	X	S		I					X		I			X		A

**Tabla 4-11. Fragmento de cuadro de secuencias discursivas por actividad. Se observa una generalización por simplificación promovida en interacción, una evidencia por otras fuentes promovida en interacción y regulación promovida por los alumnos/as. (G.- Generalizaciones, M.- Mecanismos, C.- Constricciones, z.- Quién promueve la actividad, O.- Observación, Q.- Maqueta, V.- Otras evidencias, €.- Sin evidencias, T.- Transformación del lenguaje, O.- Uso de palabras reguladas, L.- Regulación, £.- Sin regulación, S.- Simplificación, I.- en interaccion, A.- Alumnos/as)**

#### 4. Metodología

Más adelante, a partir de la línea 186, encontramos un ejemplo de **Generalización tipo Unificación**. Para poder hablar de la transmisión de información las maestras han cambiado a un ejemplo más cercano, pasando de la serpiente tiene bebés serpientes a que los estudiantes se parecen en algo a sus padres. En el transcurso han hablado de la transmisión de la información, los espermatozoides y óvulos (ver más adelante en el punto 2. mecanismos). Encontramos en este momento que **una niña realiza una unificación**, retomando el ejemplo de las serpientes, del cual se había hablado anteriormente:

Na.- las serpientes tienen **esper | eso**

D1.- espermatozoides? | si tienen los machos || y las serpientes hembras que tendrán?

Ns.- **óvulos**

A continuación **la maestra realiza otra generalización tipo unificación** al ir al dominio de los vegetales con el ejemplo de los árboles:

D1.- pero los árboles | tendrán **espermatozoides** los árboles?

Ns.- no | **polen**

D1.- polen | esas pequeñas partecitas que comparten los progenitores llevan la información ahí || que dijimos que era una de las ideas muy importantes de los seres vivos | *naixen de*

Na.- = = de altres de la mateixa especie

La unificación tiene la forma, si X pertenece al conjunto A, y todos los miembros de A tienen la característica Y, entonces X tiene Y. Es decir si las serpientes (X) son seres vivos (conjunto A), y todos los seres vivos transmiten sus características a la descendencia por medio de células reproductoras (Y), entonces las serpientes (X), tienen células reproductoras (Y), y también los árboles.

Un ejemplo de **generalización tipo condensación**, lo tenemos a partir de la línea 50, al inicio de la clase:

D1.- a ver en su cuadro tienen **tres ideas importantes sobre los seres vivos** | sí? || tenemos un círculo aquí que dice *éssers vius (escribe en el pizarrón)* y tenemos las tres ideas importantes que siempre vamos a pensar cuando pensamos en los seres vivos | quién me puede decir cuál es una de las ideas | aquí no es que me lean lo que dice aquí sino es que me expliquen con sus palabras | a ver quién había levantado la mano

No.- puedo leer

D1.- no leer ya lo tenemos todos ahí expliquenlo con sus palabras

Na.- **que los seres vivos vienen de otro ser vivo**

En este caso, se ha iniciado la conversación a partir de pensar que hay tres ideas importantes, que de hecho está escrita en el esquema de orientación elaborado. Hemos considerado que **la condensación la hace una alumna** a pesar de que la retoma del esquema de orientación. La aportación de la niña es significativa y determina el desarrollo posterior de casi toda la conversación de la actividad. En el cuadro los niños tienen más información, de manera que la niña ha realizado una elección y ha utilizado su propia forma de expresión, la elección ha situado la conversación en la reproducción y esto, como mencionamos, determina el desarrollo de la sesión, las maestras continúan por el camino elegido por la alumna.

## 2. *Los Mecanismos: Descripción de estructuras, descripción de procesos, causalidad explícita y causalidad no explícita*

En algunos casos encontramos los diferentes tipos de mecanismos involucrados en una misma secuencia, es el caso del siguiente ejemplo en la misma clase que venimos describiendo y a partir de la línea 131:

D2.- a ver una cosa **vosaltres es semblen en alguna cosa a vostres pares**  
 No.- no  
 D2.- res?  
 No.- yo sí  
 Ns.- si  
 D2.- alguns si veritat | tip de pel | color de la pell alomellor una cosa | verda que en alguna cosa ens semblen?  
 Ns.- si  
 D2.- com saben nosaltres al nàixer que ens hem de semblar al pare | la mare?  
 No.- **lo que hay dentro de los espermatozoides**  
 D2.- y **qué es lo que hay dentro** de los espermatozoides | *que us sembla*  
 No.- un nene o una nena  
 D2.- si però para que se surtin del mateix color  
 Na.- **coses del pare**  
 D2.- i de la mare || els pares transmeten els fills | que transmeten?  
 Na.- coses seves  
 D2.- envien como un mensatge | els pares **transmeten** en el espermatozoides i la mare en els **òvuls** | **coses** que son **seves** | si o no? |

En la secuencia vemos como se explica la similitud entre padres e hijos a través de la información que se trasmite en óvulos y espermatozoides a la descendencia, es una explicación que tiende hacia el nivel inferior de organización, un **mecanismo**.

Encontramos una causalidad no explícita en la respuesta de la alumna:

D2.- com saben nosaltres al nàixer que ens hem de semblar al pare | la mare?  
 No.- **lo que hay dentro de los espermatozoides**

La explicitación de la causalidad sería: nos parecemos a los padres **porque** hay algo dentro de los espermatozoides **que produce** esta similitud.

Otro ejemplo de **causalidad no explícita** se presenta a continuación:

D2.- si però para que se surtin del mateix color  
 Na.- coses del pare

La explicitación sería: **para que** sean del mismo color **ha de haber** ‘cosas’ del padre.

También encontramos un **proceso** y una **estructura** en esta secuencia (dentro de los espermatozoides y óvulos hay “cosas” de los padres “un mensaje” que se trasmite a los hijos):

#### 4. Metodología

D2.- i de la mare || els pares transmeten els fills | que transmeten?  
Na.- coses seves  
D2.- envien como **un mensatge | els pares transmeten en el espermatozoides i la mare en els òvuls | coses que son seves** | si o no? |

En el ejemplo de los progenitores y la similitud con la descendencia, un ejemplo de mecanismo con **causalidad explícita** lo tenemos en la línea 159:

D2.- per tant, **com sap la serp que ha de surtir una serp?**  
No.- per la transmissió *de los hijos*  
D2.- perquè li ha trasmes coses seves els seus pares....

### 3. Constricciones

Las constricciones presentan en el texto las mismas características que los mecanismos; sin embargo, tienden a situarse en el nivel de organización superior a organismo, en términos generales al nivel ecosistema.

Para ejemplificar las constricciones vamos a referirnos a otra sesión de clase. Ésta se realiza casi al final de la unidad didáctica, en la actividad M ‘Dos parcelas’ se manipula la maqueta dividiéndola a la mitad y pensando en dos situaciones: en un lado no ha llovido en un año, en el otro ha llovido normalmente. Se considera que ya han pasado seis meses después del incendio, la pregunta planteada es ¿qué pasará con los seres vivos de un lado y del otro de la maqueta?

A partir de la línea 183, encontramos:

D2.- i que per tant | **les formigues que fem** en el estiu  
No.- **buscar menjar**  
D2.- **en aquesta part del bosc que està tot sec | hi ha molt menjar** per mi?  
Ns.- no  
Na.- esta todo seco  
No.- hay sol  
D2.- pero el sol esta en les dues parts | per tant  
D1.- a ver qué ideas hay | piensen  
Ana.- **que les formigues se anirien cap al altre lado per encontrar aliment**  
D1.- a dónde | acá? |

En esta secuencia encontramos los limitantes para la alimentación de las hormigas en la disponibilidad de alimento en una u otra zona. Las condiciones ambientales se convierten en un limitante para la alimentación de los organismos y se encuentran en el nivel superior de organización. Serían lo que hemos denominado **Constricciones**.

Por otra parte en esta secuencia discursiva la **evidencia procede de la maqueta**, ya que la maqueta permite a los estudiantes ubicar las condiciones ambientales, la forma de expresión de niños y maestras nos permite identificar la referencia a la maqueta claramente:

D2.- **en aquesta part** del bosc que está tot sec |  
...  
Na.- esta todo seco  
No.- hay sol  
...  
Na.- que les formigues **se irien cap al altre lado** per encontrar aliment  
D1.- a dónde | acá? |

Otro ejemplo de **evidencia por maqueta** lo tomamos a partir de la línea 254:

D1.- dónde estaban los pinos y dónde las encinas?  
Na.- los pinos **estaban aquí**  
D1.- puede ser que **acá crecieran pinos | porque había luz**, | a las encinas les costaría mucho crecer porque crecen a la sombra de otros árboles

En una sesión anterior en la que el incendio acababa de simularse en la maqueta a partir de la línea 40 en la cinta 32, encontramos otro ejemplo de **evidencia por maqueta**:

D1.- **vemos como quedo el bosque después del incendio**, los árboles se quemaron y los animales huyeron || **yo observo que hay una zona que está más quemada y otra menos quemada** | aquí hay unos pocos de árboles | por qué? | a ver primero Marisol | luego Abraham | luego Josy | por qué?  
Na.- **en esta banda es donde había pinos y la otra banda es donde teníamos las alzinas**  
No.- lo mismo  
Na.- si también  
D1.- y los demás también haban pensado en eso | se acordaban de cómo estaban los pinos y aquí las encinas || pero en la zona de las encinas hay unas que están a punto de perder el follaje | quedaron más quemados  
Na.- **este era un pino y no se ha quemado todo**  
D1.- **está muy alto quizás las flamas no alcanzaron hasta arriba | si se fijan está a punto de perder su follaje**  
No.- **que también es diferente en alzinas sureras | está era una alzina surera**  
D1.- y cuál sería la diferencia  
No.- porque tienen *suru*

Hasta el momento hemos ejemplificado la forma en que se identificaron la mayoría de las categorías, nos resta por ejemplificar los momentos en que hay **evidencia por observación**, los momentos en que la **actividad es promovida por las docentes** y el **uso de expresiones reguladas y la transformación de las ideas**. A continuación mostramos estos casos.

En cuanto a las **evidencias por observaciones** son claras, por ejemplo en la actividad J ‘Nutrición en plantas’, en que se habla sobre nutrición, los estudiantes han traído plantas provenientes de semillas que han puesto a germinar en su casa, en la línea 47 de la cinta 29, encontramos:

Na.- se está muriendo  
D1.- pero cómo sabemos eso?  
Na.- **porque mira cómo esta**  
Na.- **está doblada**

#### 4. Metodología

En la línea 89, de la misma cinta tenemos:

D1.- pero estas dijimos que se estaban muriendo || quizás necesitan ayuda | no? | cuál puede ser la explicación | Marisol?  
Na.- necesitan sol  
D1.- **dónde las teníamos**  
No.- **en el laboratorio**  
D1.- **cómo estaba?**  
Ns.- **oscuro**  
D1.- **cuando apagamos la luz queda oscuro | no tenían suficiente luz |**  
D1.- y eso qué podía producir?  
Na.- que no pudieran fabricar su alimento

Como mencionamos en la actividad B se entrega el esquema de ser vivo que los escolares han elaborado. Al hacerlo las docentes llaman la atención sobre algunas expresiones que ellas han modificado, tenemos:

D1.- quién me puede decir qué es lo que no habíamos puesto  
No.- has posat **sòlids i líquids**  
D1.- esto sí lo habíamos puesto | a ver  
Na.- que els animals fan la **digestió** i les plantes **fabriquen el seus nutrients**

En este caso se utilizan **palabras- ideas que han sido objeto de regulación** en sesiones anteriores, por ello se identifica la categoría **uso**: sólidos, líquidos, digestión y fabrican sus nutrientes.

Respecto a la **transformación de las ideas**, a partir de la línea 115, de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’, se puede leer:

D1.- **Cómo vamos a poner aquí | en vez de cagan**  
No.- **expulsen**  
D1.- expulsen lo que ||  
Na.- las cosas que no le van bien  
Na.- lo que es malo para el cuerpo  
Na.- no | no es malo porque si no | no se lo comerían | es lo que ya no pueden más  
Na.- es lo que no necesita  
D1.- bueno por lo pronto | lo que no necesita lo expulsa | **cómo lo ponemos?**  
Na.- la comida la expulsa  
Na.- no  
D1.- también son otras cosas el agua | aire ||  
Na.- expulsa cosas  
D1.- **le podemos poner materiales | para incluir agua | aire | cosas sólidas | les parece?**  
Ns.- sí  
D2.- totes aquestes coses penseu | quan menges una *truita* i vas al lavabo després s’assembla a la truita?  
Ns.- noo!!  
D2.- el que hem de pensar es si el material que surt es igual al que entra  
Ns.- no  
D2.- veritat que aquests materials que expulsem no s’assemblen als que mengem/  
D1.- sí también les hemos puesto materiales/  
Ns.- no no s’assembla el que mengem al que expulsem?  
Ns.- no  
D1.- entonces que vamos a poner?

Ns.- **expulsem els materials que no ens serveixen**

D1.- en vez de decir que caguen

D2.- si sentim aquest forma què diriem que és científic o no científic

Ns.- no científic

D1.- Además está la usamos mucho para las personas y para los animales | pero ya dijimos que tambien | las plantas expulsan los materiales que no les sirven y no decimos que cagan | verdad?

Ns.- no [risas]

Como se puede observar en el fragmento la **transformación** se identifica cuando se genera un nuevo significado a través de un proceso de negociación.

En cuanto a las secuencias en las que el promotor de la actividad son las **docentes**<sup>1</sup>, un ejemplo se presenta en la siguiente secuencia discursiva, perteneciente a la actividad J, en la que los escolares están comparando cómo han crecido diferentes plantas que han estado en condiciones diferentes:

D2.- aquestes **han buscat la llum | potser has tingut unes finestres interiors | com aquestes || és clar perquè nosaltres si això ho deixem aquí al costat | com creix això tant alt | i pot fer rodonetes | entendeu**

Na.- era més baixa

D2.- això podia ser

D1.- **buscaba la luz**

D2.- per les finestres de dalt | **perquè han d'utilitzar la llum que entra per les finestres i hi estan molt i l'anirà a captar | no?**

Se puede identificar que son las docentes las que hacen la aportación significativa y relacionan la posición de la fuente de luz y el tipo de crecimiento de la planta, los escolares únicamente hacen observaciones al margen, que de ser eliminadas no distorsionan el sentido del discurso. En este caso decimos que la explicación es **promovida por las docentes**.

Aplicando a todo el discurso en cada actividad los indicadores de la manera como hemos ejemplificado en el apartado anterior, obtuvimos las tablas de secuencias discursivas por actividad.

Cabe mencionar que descartamos los fragmentos en que el discurso se centraba en temas que no eran de interés para el análisis, como disciplina, organización de espacios, comunicación de avisos generales, etc.

Las tablas de secuencias discursivas las presentamos en el anexo V.

---

<sup>1</sup> Recordamos que varias de las actividades de la tercera unidad didáctica que aquí analizamos fue llevada por dos docentes de forma simultánea.

### **4.3.3. Tercera etapa del análisis: Análisis interpretativo de las actividades**

En la tercera etapa del análisis realizamos un análisis interpretativo, mediante análisis del discurso, de las actividades seleccionadas.

#### **4.3.3.1. Unidad de análisis**

La unidad de análisis fueron las secuencias discursivas, que organizamos en las tablas de secuencias discursivas y que están insertas en el contexto global de la actividad.

#### **4.3.3.2. Instrumento de análisis**

En esta etapa realizamos un análisis interpretativo del discurso de las secuencias discursivas. Como ya hemos mencionado en la sección de enfoque metodológico estamos considerando el discurso en su globalidad y elaborando interpretaciones a través del análisis del discurso. Por esta razón nuestro instrumento de análisis no puede definirse de forma concreta, ya que hacemos un acercamiento holístico, utilizando los indicadores para el análisis de la conversación.

#### **4.3.3.3. Criterios de selección**

Debido a la extensión del análisis en este nivel, de las trece tablas de secuencias discursivas, correspondientes a las trece actividades transcritas, seleccionamos seis para realizar el análisis del discurso por secuencia discursiva. Elegimos estas actividades en función del objetivo planteado en este trabajo, en el que se pretende analizar la construcción de significados y el papel de la maqueta en dicha construcción.

#### **4.3.3.4. Decisión tomada: análisis interpretativo de las seis actividades**

Decidimos analizar todas las actividades de manipulación de la maqueta que eran las actividades D, E, G, L y M. incluimos también una actividad inicial de construcción del esquema de ser vivo, que era la actividad A. Incluimos ésta ya que el esquema es utilizado de forma recurrente en las restantes actividades. Indicamos las actividades analizadas en la tabla 4-11.



Grupo 5 <sup>a</sup>	
Actividades incluidas en la tercera etapa del análisis (análisis del discurso)	
Actividad	Tarea que se realiza
A	Construcción del esquema de ser vivo
D	Observación de la maqueta sin seres vivos, el medio
E	Montaje de árboles en la maqueta
G	Simulación en la maqueta de incendio forestal ¿qué pasa con los seres vivos?
L	Regeneración del bosque, sucesión, ¿qué sucede los primeros cinco meses?
M	Comparación dos situaciones diferentes, división de la maqueta en dos parcelas, con lluvia y sequía

Tabla 4-12. Actividades incluidas en el tercer nivel de análisis con una herramienta de análisis del discurso.

#### 4.3.3.5. Resultado: Análisis interpretativo de las actividades

Para las seis actividades realizamos un análisis interpretativo del discurso por secuencia discursiva. Para el seguimiento de las secuencias discursivas en el desarrollo del análisis que realizamos en el capítulo 5 de este trabajo, las hemos numerado, colocando inicialmente la letra de la actividad, la *s* de secuencia y el número progresivo de la secuencia, tal como mostramos en la tabla 4-12.

Numeración de secuencias discursivas por actividad	
Actividades de la unidad didáctica (identificadas con letras mayúsculas)	Secuencias discursivas por actividad (Identificadas por la letra 's', numeradas en orden progresivo)
A	As1, As2, As3, As4, As5, As6, As7, As8
D	Ds1, Ds2, Ds3, ... Ds8
E	Es1, Es2, Es3... Es19
G	Gs1, Gs2, Gs3... Gs16
L	Ls1, Ls2, Ls3... Ls18
M	Ms1, Ms2, Ms3... Ms33

Tabla 4-13. Actividades de la unidad didáctica a las cuales realizamos un análisis interpretativo para el grupo clase 5a, secuencias discursivas y líneas de transcripción correspondientes.

Para cada actividad analizamos el contenido de la conversación en función a los indicadores explicaciones, evidencias, regulación y quién promueve la actividad en cada caso.

#### 4. Metodología

##### *Sobre como organizamos el análisis interpretativo de cada actividad*

Este se organiza en tres secciones:

1.- Primero centramos el análisis en las explicaciones, en el que identificamos el nivel de observación en que se sitúa la conversación (**mecanismos**, **generalizaciones** o **constricciones**) y vamos interpretando el contenido secuencia por secuencia. Al finalizar realizamos un primer *esquema resumen* de la conversación, para facilitar la lectura de las interpretaciones. Posteriormente analizamos quién promueve la explicación (**docentes**, **alumnos/as** o **interacción**). Finalmente realizamos **una síntesis** de las interpretaciones del indicador explicaciones y quién promueve la explicación y presentamos un segundo esquema resumen en el que complementamos el anterior, incorporando los significados que interpretamos se han generado.

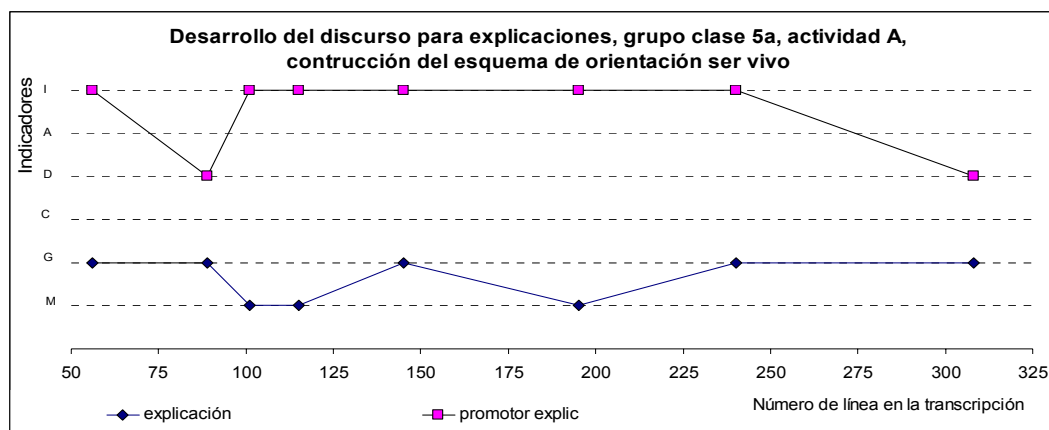
2.- A continuación analizamos de las interacciones tomando en cuenta el **tipo de evidencias** utilizadas. Inicialmente analizamos la fuente de evidencias de acuerdo a su distribución en el desarrollo del discurso por secuencia discursiva. Posteriormente **quién promueve la evidencia**. Finalmente *sintetizamos* las interpretaciones realizadas para el indicador evidencias e incluimos lo encontrado en el esquema resumen, reelaborándolo (es el 3er esquema resumen que se encontrará).

3.- Finalmente analizamos el discurso tomando en consideración la **regulación** y posteriormente **quién promueve la regulación**. *Sintetizamos* las interpretaciones y las incluimos en el esquema resumen reelaborado para complementarlo (4o esquema resumen).

##### *Sobre como presentamos el análisis interpretativo en cada actividad*

Al iniciar el análisis de cada categoría incorporamos una gráfica del desarrollo del discurso con los indicadores por secuencia discursiva. Un ejemplo de esta representación la presentamos en la gráfica 4-1. En ella puede leerse en el eje de las ordenadas las categorías: mecanismos (M), generalizaciones (G), constricciones (C), docente (D), alumno/a (A), interacción (I). En el eje de las abscisas colocamos los números de líneas de la transcripción. Cada punto señalado en la gráfica corresponde a una secuencia discursiva y se localiza en el número de línea en que inicia la transcripción de esa secuencia. En este caso dividimos la conversación en ocho secuencias discursivas.

Cuando la gráfica hace referencia al indicador evidencias la nomenclatura es: sin evidencia (/e), observación (O), maqueta (Q), otras fuentes (V), docente (D), alumno/s (A), interacción (I) y cuando hace referencia a la regulación, es: sin regulación (£), transformación (T), uso (U), regulación (R), docente (D), alumno/a (A) e interacción (I).



Gráfica 4-1. Gráfica ilustrativa de las que se colocan al inicio del análisis de cada indicador.

Con la finalidad de que el lector pueda identificar la fuente de cada interpretación realizada y tal como justificamos en la sección 4.1.1. sobre el enfoque etnográfico de esta investigación, para cada secuencia discursiva analizada intercalamos fragmentos textuales de la conversación.

Presentamos los fragmentos de conversación indicando la secuencia discursiva a la que pertenecen y con una tipografía específica: hacia la derecha del margen con un tamaño de letra menor. En cada caso resaltamos con letra negrita algunas frases de la transcripción que tienen una relación específica con nuestra interpretación. Un ejemplo de cita textual es el siguiente:

Fragmento Ds4

D2.- sería semblant al que us ha donat l'Tania per plantar? | li has ensenyat a la Tania

No.- sí

D1.- enorme ha crecido || **entonces pondríamos los frutos como parte de las cosas que están en la maqueta que no son seres vivos** | no verdad?

Na.- = ehh

D1.- **porqué están dentro las semillas y las semillas son seres vivos**

Na.- = sí | **pero las semillas se podría decir que son seres vivos pero sólo si crecen** | y **los frutos no se puede decir que son seres vivos porque no se transforman en nada** | sólo es lo que hay dentro

En este caso se trata de un fragmento obtenido de la secuencia *Ds4*, perteneciente a la actividad D 'Maqueta sin seres vivos'. En algunos casos tomamos extractos de la secuencia, entonces colocamos puntos suspensivos para indicarlo, esto puede observarse en el fragmento siguiente:

Fragmento Ds4

D2.- **sería semblant al que us ha donat l'Tania per plantar? | li has ensenyat a la Tania**

No.- sí

D1.- **enorme ha crecido** || entonces pondríamos los frutos como parte de las cosas que están en la maqueta que no son seres vivos | no verdad?

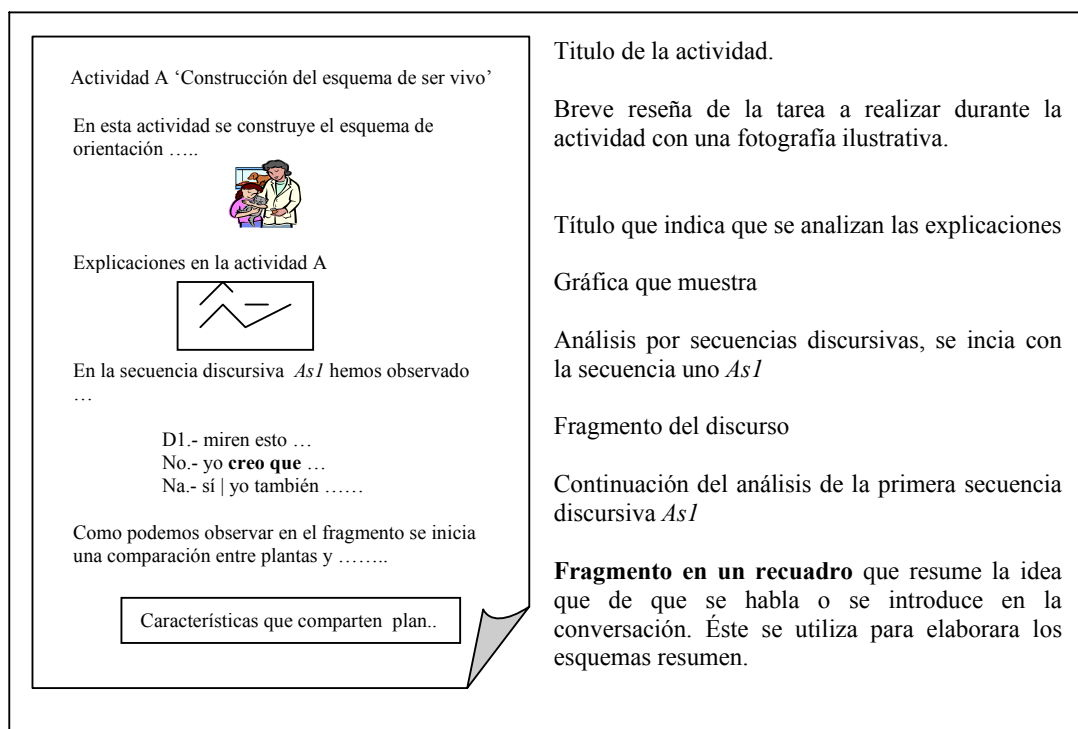
....

#### 4. Metodología

Cabe mencionar que al inicio de cada actividad describimos el tipo de tarea que se presentaba a los alumnos y la organización del grupo clase.

#### *Sobre la forma en que construimos los esquemas resumen de las actividades*

Debido a la complejidad para dar seguimiento al análisis interpretativo del discurso dada su extensión y la cantidad de información que hay en el mismo, elaboramos una serie de cuatro esquemas resumen por actividad en el que pretendemos dar una visión global del desarrollo del discurso. El primer esquema lo construimos tomando en consideración las secuencias discursivas y la idea principal que se discute o introduce en la conversación. Estas ideas básicas las fuimos colocando a lo largo del análisis del discurso en recuadros laterales, al finalizar el análisis interpretativo de cada secuencia discursiva en la sección de análisis del indicador explicaciones (ver figura 4-2).



**Figura 4-2. Diseño general del análisis interpretativo de las actividades, en un recuadro que se utiliza para la elaboración del primer esquema resumen, en el cual se coloca la idea principal de cada secuencia discursiva.**

Al finalizar la sección explicaciones presentamos el primer esquema resumen de la actividad. En él identificamos las secuencias discursivas por la letra de la actividad en mayúsculas, la letra s que indica secuencia y el número de secuencia, es decir *AsI*, para la primera secuencia discursiva de la actividad A. Esta nomenclatura se encuentra al interior de un recuadro (ver figura 4-3).

Las secuencias discursivas así identificadas están colocadas horizontalmente en el esquema atendiendo a su orden de numeración: primero la uno, luego la dos, etc. y verticalmente de acuerdo a si han sido identificadas como constricciones C, generalizaciones G, o mecanismos M, también señalados al interior de un recuadro.

Cada secuencia se conecta de forma vertical con un recuadro que indica el contenido del argumento tratado en la misma. Unimos las diferentes secuencias discursivas por medio de flechas (ver figura 4-3). De esta manera queda conformado el primer esquema resumen que permite una visualización del desarrollo de la actividad. El esquema lo hemos colocado al finalizar la sección explicaciones de cada actividad analizada.

En la figura 4-3 ejemplificamos dicho esquema. Cabe aclarar que en esta actividad A, que es la ejemplificada, no identificamos secuencias discursivas de tipo constricción, por lo que no se encuentran recuadros a ese nivel.

Cuando encontramos un cambio de nivel escalar en la conversación, por ejemplo cuando identificamos el indicador generalizaciones en una secuencia discursiva y en la siguiente un mecanismo o constricción, consideramos que produce un **movimiento escalar**. En este caso las flechas que unen dos secuencias se presentan en forma ascendente o descendente. Para los movimientos escalares y con la finalidad de detectar su motivo, señalamos la tarea que los producía y la señalamos en un recuadro.

4. Metodología

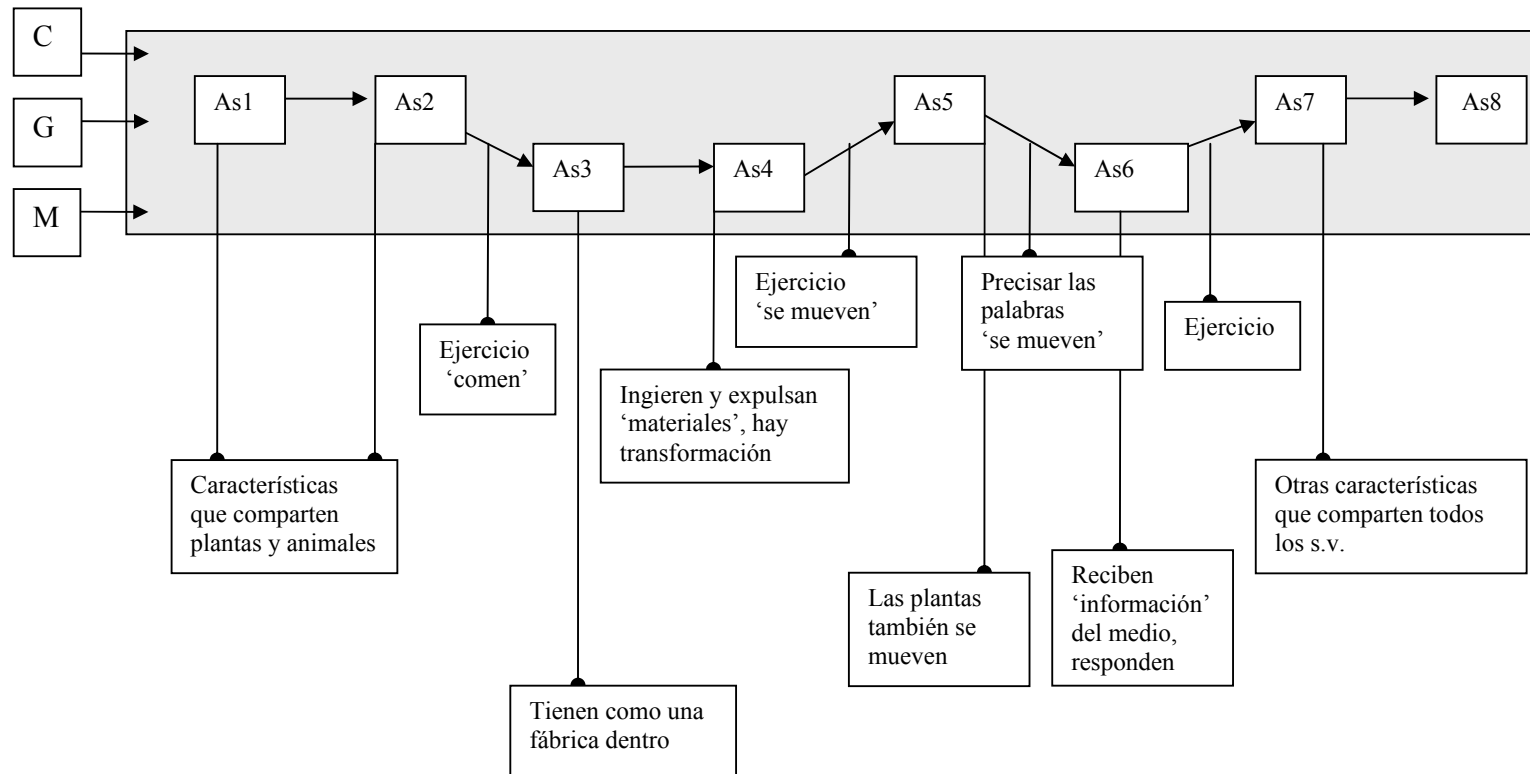


Figura 4-3. Prototipo de esquema resumen 1, desarrollo del discurso por secuencias discursivas en una la actividad A.

A partir de este primer esquema fuimos integrando las interpretaciones relacionadas con la construcción de nuevos significados en la conversación. Esto lo hicimos de manera paulatina; inicialmente, los relacionados con la categoría explicaciones, posteriormente, con la categoría evidencias, y finalmente, con la categoría regulación.

Los nuevos significados los colocamos en recuadros punteados y los conectamos con fechas punteadas a las secuencias discursivas que corresponde. Las evidencias que apoyan la generación de significados las pusimos en recuadros tipo llamada con conector continuo, y finalmente, la regulación que apoya la construcción de significados en recuadros tipo llamada y con conectores punteados.

Así, en el segundo esquema resumen, incluimos los contenidos de las secuencias discursivas, pero además los nuevos significados generados a partir de las explicaciones.

En el tercer esquema resumen agregamos al anterior las fuentes de evidencias que apoyan las explicaciones.

En el cuarto esquema resumen incorporamos además la regulación que apoya la construcción de significados.

En el cuarto esquema, dado que se presentan todos los indicadores introdujimos colores para su fácil visualización. Los significados generados a partir del indicador explicaciones están en color rosado, las fuentes de evidencias en color violeta y la regulación en color verde.

En la figura 4-4 hemos señalado los símbolos y nomenclatura que se incluyen en los esquemas y que permiten expresar las regularidades encontradas. En recuadros tipo llamada color amarillo explicamos el significado de cada símbolo.

Al finalizar el análisis de cada actividad podrá encontrarse un esquema resumen que presenta identificadas las secuencias discursivas, los significados construidos y las evidencias y regulación relacionados. Así, la apariencia es similar al que presentamos en la figura 4-5.

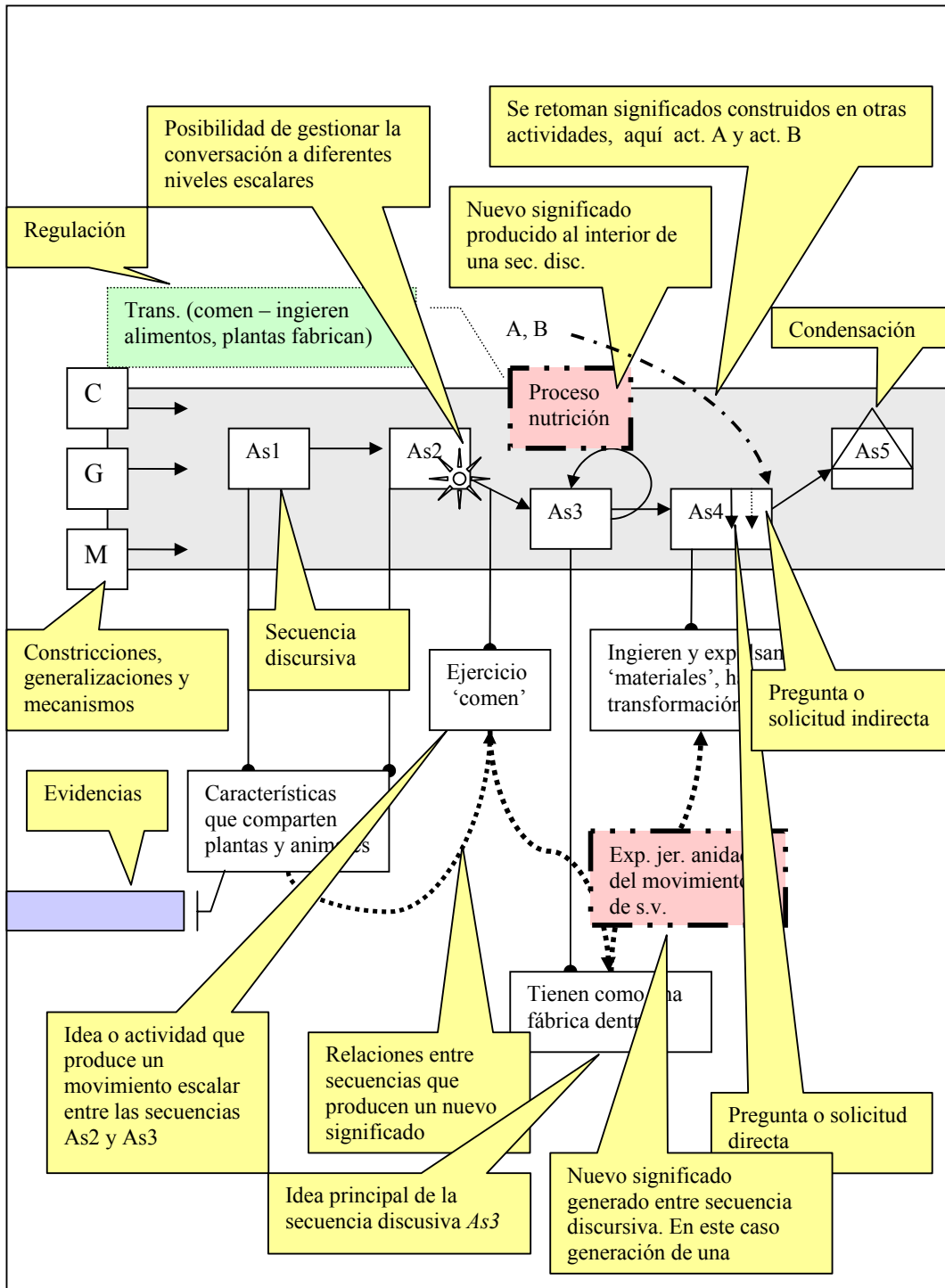


Figura 4-4.- Nomenclatura usada en los esquemas resumen



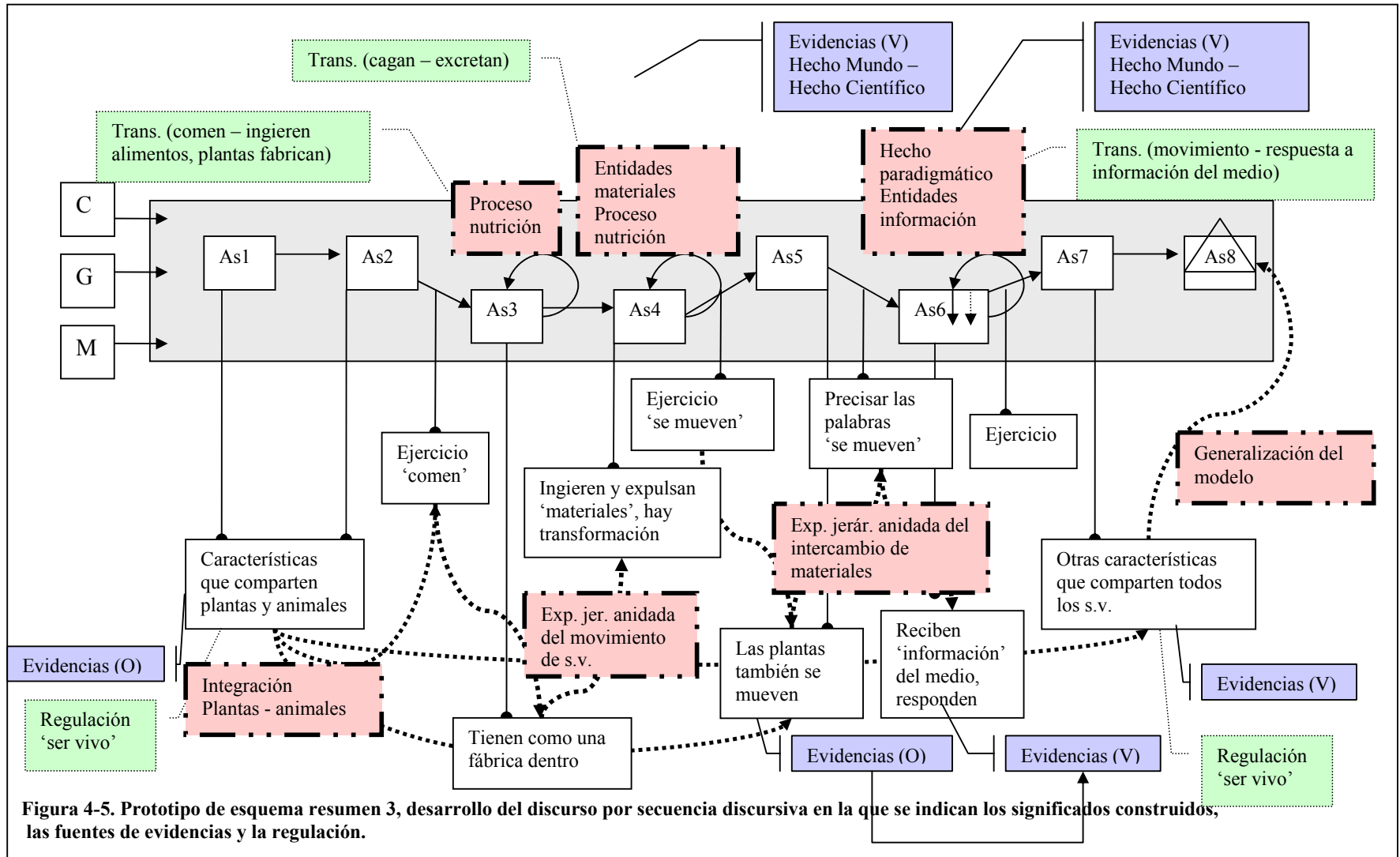


Figura 4-5. Prototipo de esquema resumen 3, desarrollo del discurso por secuencia discursiva en la que se indican los significados construidos, las fuentes de evidencias y la regulación.

#### **4.3.4. Cuarta etapa del análisis: Análisis Global**

La finalidad de esta etapa fue la de obtener interpretaciones globales, tomando en consideración tanto el análisis interpretativo de las diferentes actividades (etapa tres), como los resultados de las otras etapas del análisis /etapas 1 y 2). En ella analizamos la forma como se han generado nuevos significados en el aula, la forma como los actores (docentes, alumnos o en interacción) intervienen y el papel de las evidencias y la regulación en la construcción de nuevos significados en el modelo ser vivo. En esta cuarta etapa se proponen también algunas consideraciones didácticas.

Al retomar los momentos de construcción de significados remitimos al lector a la actividad analizada y señalamos la página de esta memoria a la que puede recurrir en busca de un ejemplo relacionado con lo que se discute. Así, colocamos una notación en la que señala act. A: 80, indicaría actividad A, página 80 de esta memoria.

## Capítulo 5. Análisis interpretativo de las actividades

---

5.1. Actividad A ‘Construcción del esquema de orientación de ser vivo’ .....	151
5.1.1. Análisis de las explicaciones .....	152
5.1.1.1. Las explicaciones .....	153
5.1.1.2. Respecto a quién promueve la explicación.....	163
5.1.1.3. Síntesis de las explicaciones: la superación de la dicotomía plantas – animales .....	166
5.1.2. Análisis de las evidencias .....	168
5.1.2.1. Las evidencias .....	169
5.1.2.2. Respecto a quién promueve la evidencia.....	172
5.1.2.3. Síntesis de las evidencias: Las observaciones para las generalizaciones, las experiencias previas para los mecanismos.....	172
5.1.3. Análisis de la regulación.....	175
5.1.3.1. La regulación.....	175
5.1.3.2. Respecto a quién promueve la actividad de regulación .....	179
5.1.3.3. Síntesis de la regulación: La regulación de la idea ser vivo a través de incluir a las plantas.....	179
5.2. Actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’ .....	182
5.2.1. Análisis de las explicaciones .....	182
5.2.1.1. Las explicaciones .....	183
5.2.1.2. Respecto a quién promueve la explicación.....	191
5.2.1.3. Síntesis de las explicaciones: La problematización de lo que es ‘ser vivo’, el caso de las frutas y las semillas.....	192
5.2.2. Análisis de las evidencias .....	196
5.2.2.1. Las evidencias .....	197
5.2.2.2. Respecto a quien promueve la evidencia.....	199
5.2.2.3. Síntesis de las evidencias: El juego de imaginación a partir de la maqueta .....	201
5.2.3. Análisis de la regulación.....	204
5.2.3.1. La regulación.....	205
5.2.3.2. Respecto a quién promueve la regulación .....	206
5.2.3.3. En síntesis de la regulación: La confluencia de la flecha de dirección de las docentes y las ideas alternativas de los escolares .....	208
5.3. Actividad E ‘Montaje de los árboles’ .....	211
5.3.1. Análisis de las explicaciones .....	211
5.3.1.1. Las explicaciones .....	212
5.3.1.2. Respecto a quién promueve la explicación.....	222
5.3.1.3. Síntesis de las explicaciones: la toma de decisiones en función a dos constricciones: dispersión y luz.....	226
5.3.2. Análisis de las evidencias .....	229
5.3.2.1. Las evidencias .....	229
5.3.2.2. Respecto a quién promueve la evidencia.....	233

5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’	
5.3.2.3. Síntesis de evidencias: Las observaciones en interacción para las generalizaciones, la maqueta por los escolares para las constricciones.....	233
5.3.3. Análisis de la regulación .....	236
5.3.3.1. La regulación.....	237
5.3.3.2. Respecto a quién promueve la regulación.....	243
5.3.3.3. Síntesis de la regulación: la regulación del lenguaje, de las ideas y de la acción ....	245
5.4. Actividad G ‘Simulación de un incendio’ .....	249
5.4.1. Análisis de las explicaciones .....	249
5.4.1.1. Las explicaciones .....	250
5.4.1.2. Respecto a quién promueve la explicación .....	263
5.4.1.3. Síntesis de las explicaciones: Los animales huyen respondiendo a estímulos y buscan un lugar con recursos para sobrevivir.....	265
5.4.2. Análisis de las evidencias .....	269
5.4.2.1. Las evidencias .....	270
5.4.2.2. Respecto a quién promueve la evidencia .....	274
5.4.2.3. Síntesis de las evidencias: la maqueta como contexto para el pensamiento, el lenguaje y de la acción.....	275
5.4.3. Análisis de la regulación .....	279
5.4.3.1. La regulación.....	279
5.4.3.2. Respecto a quién promueve la regulación.....	283
5.4.3.3. Síntesis de la regulación: La relación del lenguaje, del pensamiento y la acción.....	284
5.5. Actividad L ‘El bosque se regenera’ .....	287
5.5.1. Análisis de las explicaciones .....	287
5.5.1.1. Las explicaciones .....	288
5.5.1.2. Respecto a quién promueve la explicación .....	306
5.5.1.3. Síntesis de las explicaciones: ¿de dónde vienen las semillas, cuándo regresan los animales? .....	311
5.5.2. Análisis de las evidencias .....	316
5.5.2.1. Las evidencias .....	317
5.5.2.2. Respecto a quién promueve la evidencia .....	325
5.5.2.3. Síntesis de las evidencias: La maqueta genera un registro histórico .....	325
5.5.3. Análisis de la regulación .....	328
5.5.3.1. La regulación actividad L .....	328
5.5.3.2. Respecto a quién promueve la regulación.....	334
5.5.3.3. Síntesis de la regulación: la regulación global .....	335
5.6. Actividad M ‘Dos parcelas’ .....	338
5.6.1. Análisis de las explicaciones .....	338
5.6.1.1. Las explicaciones .....	339
5.6.1.2. Respecto a quién promueve la explicación .....	356
5.6.1.3. Síntesis de explicaciones: Las explicaciones jerárquicamente anidadas y complejas .....	359
5.6.2. Análisis de las evidencias .....	366
5.6.2.1. Las evidencias .....	366
5.6.2.2. Respecto a quién promueve la evidencia .....	374
5.6.2.3. Síntesis de las evidencias: La integración de evidencias en la explicación.....	374
5.6.3. Análisis de la regulación .....	378
5.6.3.1. La regulación.....	379
5.6.3.2. Respecto a quién promueve la regulación.....	385
5.6.3.3. Síntesis de la regulación: De lo concreto a lo abstracto y viceversa.....	386

En este capítulo presentamos el análisis del discurso de las actividades A, D, E, G, L y M, por indicador.

Como hemos mencionado en el capítulo 4 de metodología, presentamos inicialmente para cada actividad el análisis del discurso para explicaciones. Posteriormente insertamos un primer esquema resumen que presenta el argumento de cada secuencia discursiva y los niveles escalares en que las situamos, esto con el fin de guiar al lector. A continuación analizamos quién promueve la actividad de explicación. Posteriormente un resumen de los significados construidos, los cuales además adicionamos al primer esquema resumen, complementando.

Seguidamente analizamos la fuente de evidencias y después quién la promueve. Elaboramos una síntesis de las evidencias y las señalamos en el esquema resumen, complementándolo.

En tercer lugar analizamos la regulación y quién la promueve. Colocamos una síntesis de nuestras interpretaciones y las incluimos en el esquema resumen. En este último esquema resumen presentamos los nuevos significados derivados de las explicaciones en color rosa, las evidencias en color violeta y la regulación en color verde.

## **5.1. Actividad A ‘Construcción del esquema de orientación de ser vivo’**

Recordamos que en esta **actividad A** se construyó el esquema de orientación de ser vivo. Se partió del ejercicio 4, realizado en una clase previa, en la que los escolares tomando como referencia una ilustración de un encinar, discutieron y escribieron sus ideas alrededor de la pregunta “¿qué es lo que todos los seres vivos tienen en común?”. En función de sus respuestas las docentes diseñaron el ejercicio 5 para transformar el lenguaje cotidiano expresado por los escolares a expresiones más abstractas y generalizables a todos los seres vivos, introduciendo, en algunos casos, lenguaje científico. Se pretendía que los escolares reflexionaran en torno a aquellas características que comparten y las que no comparten todos los seres vivos.

Al finalizar la actividad A que aquí analizamos, los estudiantes realizaron el ejercicio 6 en equipos cooperativos, en el que colocaron en un esquema ideas respecto a algunas características de todos los seres vivos comparten relacionándolas con las tres funciones básicas del modelo: nutrición, reproducción y relación.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’

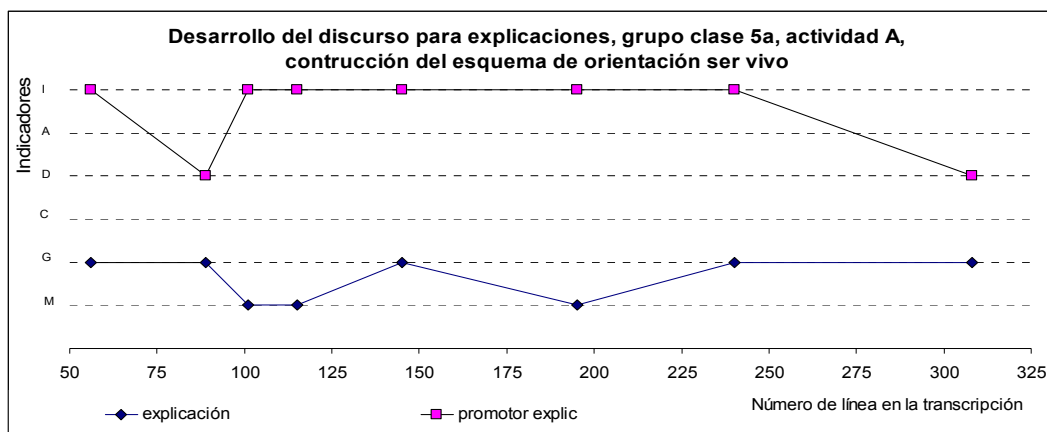


Fotografía 5-1. Equipo de trabajo cooperativo, número tres, del grupo 5a en el momento que realizaban el ejercicio 6.

Todo ello finalmente condujo a la generación de un esquema de orientación que sirvió de guía a lo largo de toda la unidad didáctica que se iba a desarrollar.

### 5.1.1. Análisis de las explicaciones

A continuación analizamos las explicaciones de la actividad A ‘Construcción del esquema ser vivo’, tomando en cuenta las secuencias discursivas identificadas en la segunda etapa del de análisis, construimos la gráfica 5-1. En ésta se observa el desarrollo en el tiempo de las secuencias discursivas en función de los indicadores relacionados con la explicación. En el eje de las ordenadas presentamos los indicadores: *mecanismos* (M), *generalizaciones* (G), *constricciones* (C), *docentes* (D), *alumno/a* (A), *interacción* (I), en el eje de las abscisas la línea de transcripción.



Gráfica 5-1. Desarrollo del discurso para explicaciones y de quién las promueve, en la actividad A ‘Construcción del esquema de orientación ser vivo’.

### 5.1.1.1. Las explicaciones

Siguiendo la gráfica IV-I, podemos ver que la conversación se inicia con dos secuencias discursivas largas de **generalización** (*As1*, *As2*) que hemos catalogado dentro del **tipo simplificación**.

Al analizar la transcripción de dichas secuencias discursivas, observamos que la simplificación que promueve la docente retomando las ideas de los escolares se refiere a la identificación de las actividades que todos los seres vivos comparten; especialmente hace mención a lo que es común en plantas y animales. Esto es debido a que la abstracción realizada por los estudiantes para realizar generalizaciones sobre los seres vivos, se limita a los animales.

#### Fragmento As1

D1.- a mí me llama la atención que ustedes **han puesto muchas ideas distintas** y muchas son importantes | pero también han puesto algunas ideas que sólo tienen que ver con algunos seres vivos | no con todos | por ejemplo | **muchos han pensado sólo en los animales, no en las plantas, por ejemplo cuando me dicen caminan!?** | por ejemplo | estos son seres vivos | caminan?

No.- no

D1.- eso quiere decir que no tienen en común todos los seres vivos que caminan verdad?, cuando me han puesto que | tienen piernas | algunos lo han puesto

Na.- yo

D1.- y **en qué estabas pensando** cuando lo pusiste | en los animales | en las personas?

No.- **en todo**

D1.- **en todo menos en las plantas** | verdad? | **que otra cosa hacen los animales que las plantas no hacen?**

Características que comparten plantas y animales
--------------------------------------------------

En la tercera y cuarta secuencia discursiva (*As3* y *As4*) hemos identificado que la conversación se sitúa en **mecanismos** que tienen que ver con la nutrición. Ello es debido a la pregunta que la profesora formula sobre la primera idea escrita en el ejercicio 5. Una idea que se centra en el hecho, indicado por los escolares, de que todos los seres vivos comen “mengen”.

<p><b>Generalización.-</b> Identificación del patrón del fenómeno. Situada en el nivel organismo.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Gen. por condensación.-</b> frase sumaria de varias observaciones.</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Gen. por simplificación.-</b> Identificación de la esencia del fenómeno.</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Gen. por unificación.-</b> Emparejamiento de dominios</li> </ul>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Mecanismo.-</b> Mirada al nivel inferior de organización. Explica causalmente el patrón del fenómeno</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Constricción.-</b> Mirada al nivel superior de organización. Explica causalmente las limitantes del fenómeno.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’

Fragmento As3

D1.- **todos los seres vivos mungen?**

Ns.- sí

D1.- **las plantas?**

Ns.- sí

Na.- tienen como una fábrica dentro | hacen su comida

Na.- hacen sus necesidades cuando botan lo que no les sirve

Na.- botan el agua

Na.- comen la tierra

D1.-No es que comen la tierra | utilizan el agua y los minerales que hay en la tierra para fabricar su alimento | entonces aquí tenemos un espacio que dice ‘*Com es diu científicament?*’ | vamos a poner que los animales ingieren alimento [la maestra escribe en el pizarrón, los niños y niñas escriben en sus hojas]

Ejercicio ‘comen’

Las plantas tienen como una fábrica dentro

En este fragmento observamos cómo los niños y las niñas formulan explicaciones centradas en el nivel de mecanismos. Ello permite ver que se ha producido un *movimiento escalar*, en el que una estudiante hace referencia al proceso de nutrición usando la analogía de la fábrica: “tienen como una fábrica dentro, hacen su comida”.

Posteriormente la docente organiza la información y amplía la explicación al ahondar en el mecanismo, complementando el proceso: “No es que comen la tierra, utilizan el agua y los minerales que hay en la tierra para fabricar su alimento, entonces...”. Para ello retoma dos ideas distintas explicitadas con antelación por dos escolares en relación a la fabricación de alimento de las plantas, por una parte precisando los elementos que se encuentran en “la tierra”, matizando una idea aportada por un escolar (“comen la tierra”) y por otra integrando dicha información a la analogía de la fábrica.

En la cuarta secuencia *As4*, la conversación versa sobre el **mecanismo** relacionado con la excreción. Observamos dos aspectos que son claves en la construcción de *nuevos significados del modelo*: por un lado se genera una *nueva entidad*: los materiales, y por otro se *profundiza en el proceso* de nutrición haciendo evidente la transformación de dichos materiales. También se pone de manifiesto la forma como las docentes retoman las ideas de los escolares y proporcionan nueva información, dando lugar a la construcción del mecanismo explicativo.

Respecto a la generación de una *nueva entidad*, en el siguiente fragmento observamos que la docente interviene para aportar elementos que forman parte del proceso de excreción (agua, aire, cosas sólidas) y finalmente los engloba en una entidad nueva que los incluye, denominándola “materiales”.

Fragmento As4

D1.- Cómo vamos a poner aquí, en vez de cagan

No.- expulsen

...



Na.- **lo que es malo para el cuerpo**  
Na.- **no | no es malo porque si no | no se lo comerían | es lo que ya no pueden más**  
Na.- es lo que no necesita  
...  
D1.- **también son otras cosas el agua | aire ||**  
Na.- expulsa cosas  
D1.- **le podemos poner materiales | para incluir agua | aire | cosas sólidas | les parece?**  
Ns.- **sí**  
....

Respecto a la *profundización en el proceso de nutrición*, en el siguiente fragmento también perteneciente a la secuencia *As4*, vemos cómo se introduce la idea de que existe una transformación de los materiales, siendo diferente lo que se come que lo que se expulsa o excreta.

Fragmento As4  
D2.- **totes aquestes coses penseu | quan menges una truita i vas al lavabo després s'assembla a la truita?**  
Ns.- **noo!!**  
D2.- el que hem de pensar es si **el material que surt es igual al que entra**  
Ns.- **no**  
...  
Ns.- **expulsem els materials que no ens serveixen**  
D1.- en vez de decir que caguen

Ingieren y expulsan 'materiales', hay transformación
------------------------------------------------------

Aquí los escolares expresan que lo que se excreta es lo que no sirve (“expulsem els materials que no ens serveixen”). Aunque el proceso de excreción en los seres vivos no se refiere únicamente a la expulsión de los materiales que no sirven al organismo, sino que pueden incluir excreción de hormonas, agua para regular el equilibrio hídrico o la temperatura, etc., las docentes se abstienen, en este caso, de hablar sobre estos aspectos de la excreción. Los escolares hablan sobre ingestión y excreción de alimentos, dado que se está reelaborando la idea de que los animales cagan, por la de excretan, por lo que en este contexto la idea de expulsar lo que no les sirve puede ser útil para avanzar en la construcción de nuevos significados.

Cabe mencionar que en este caso, con la ejemplificación de la tortilla que se come y se transforma, excretando algo destino de lo ingerido, y su inclusión dentro de la entidad “materiales”, se empieza a establece una relación entre el hecho de ingerir alimentos y la idea abstracta de intercambio de materiales con el medio, ayudando a interpretarlo a través de las ideas del modelo.

Con estos datos interpretamos que las docentes intencionalmente generan esta relación entre los ejemplos y el modelo ser vivo, sin embargo nos parece que aún son necesarias más actividades para la interiorización de este aspecto del modelo (intercambio de materia con el medio) y además, han de establecerse relaciones con otras ideas importantes, por ejemplo, por qué se da dicha transformación de los

## 5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’

materiales, por qué hemos de incorporar materiales, cuál es la función que desempeñan estos, cómo modifican el ambiente cuando son excretados, etc.

Pensamos que la incorporación de estas explicaciones ha de ser gradual y darse a lo largo de una planificación curricular más amplia, dado que constituye una idea básica del modelo ser vivo que se construye: *la nutrición*. Algunas de estas explicaciones son abordadas en otras actividades de esta misma unidad didáctica, por lo que este fragmento de construcción no hemos de considerarlo de manera aislada.

Lo anterior se relaciona con los ritmos en la transformación de los significados que se generan en el aula. Éstos pueden estar influenciados por los objetivos de la actividad y la percepción, por parte de las docentes, de un ritmo y nivel de aprendizaje de los escolares.

Tal parece que las docentes han considerado que generar la entidad ‘materiales’ e incluir la idea de transformación es suficiente por el momento, por lo que, como hemos mencionado no dirigen la conversación para ampliar más el significado de la excreción, volviendo a la generalización sobre lo que comparten todos los seres vivos. Podemos considerar que la idea que guía esta actividad A es la de generar una concepción más unificada de los seres vivos e identificar que éstos realizan ciertas funciones básicas (tanto las plantas como los animales). Lo anterior podemos verlo en la relación que se establece entre las diferentes secuencias de generalización, en las que las docentes llevan a los escolares a considerar a las plantas (secuencia *As5*).

Antes de pasar al análisis de la secuencia *As5*, es importante mencionar que podemos considerar que durante las secuencias *As2*, *As3*, y *As4* **se ha producido una explicación jerárquicamente anidada sobre el hecho de que los seres vivos intercambian materiales con el medio**, primero partiendo de la generalización sobre el hecho de que los seres vivos ‘comen’ y después explicando a través de los mecanismos lo que significa esto para las plantas y el intercambio de materiales con el medio. Reparamos en que se ha producido una explicación jerárquicamente anidada ya que se parte de una generalización y se explica a través de los mecanismos relacionados con la nutrición.

Así, en la quinta secuencia discursiva *As5* la conversación se sitúa nuevamente en una **generalización tipo simplificación**. Ésta surge de la palabra se mueven, “es mouen”, propuesta en el ejercicio 5, a partir de la cual, como vemos en el siguiente fragmento, se hace necesario definir qué se entiende por movimiento, especialmente en el caso de las plantas.

### Fragmento *As5*

D1.-ahora *es mouen* | pensemos en las plantas

...

No.- que los animales se mueven solos y las plantas las tienes que coger tú para moverlas

D1.- las plantas no se moverán nunca?

Na.- si cuando crecen

D1.- van aumentando de tamaño | pero se mueven?

No.- **que sí hay unas que se mueven para el sol | unas se van moviendo por las paredes buscando la luz**

.....

D1.- **hay unas flores que en la noche se cierran y cuando amanece en la mañana se abren**

No.- **la buenos días**

D1.- en la mañana se abre y parece que te da los buenos días

No.- **en mi país hay buenos días**

Ejercicio 'se mueven'
Las plantas también se mueven

En la sexta secuencia *As6*, se genera un *movimiento escalar a mecanismos*. Al analizar la transcripción podemos ver que éste se produce cuando la maestra solicita encontrar las palabras que permiten comunicar la generalización anterior sobre el movimiento en los seres vivos, de manera que sea comprensible para todos y todas. Se ha generado con ello la necesidad de precisar las ideas que ayudan a construir dicho mecanismo. Si bien existe una *pregunta indirecta* (“¿cómo podemos ponerlo para que pueda más gente entenderlo como nosotros lo entendemos y no se confundan?”) formulada por la docente uno que resulta clave para ello, en la dinámica de la secuencia discursiva, la docente dos formula también una *pregunta directa* (“*i què vol dir això?*” ¿qué significa eso?), que refuerza la mirada hacia los mecanismos.

#### Fragmento As6

D1.- miren este esquema que vamos a hacer | una de sus características es que nos va a servir | pero si nosotros se lo diéramos a un amigo | a nuestro papá a nuestros hermanos | también les pueda servir || si ponemos se mueven van a pensar en esto de los animales que caminan y lo que dijimos de llevar una planta de un lugar a otro || **cómo podemos ponerlo para que pueda más gente entenderlo como nosotros lo entendemos y no se confundieran** las personas que lo lean pensando que cuando decimos que las plantas se mueven es cuando alguien las lleva de un lugar a otro? | cómo le podemos poner? || ya dijimos muchas ideas

No.- **se giran**

D1.- debemos incluir que la flor se cierra | las hojas

Na.- == **se protegen**

D1.- también debe incluir lo que hacen los animales | ellos se mueven no solo para protegerse sino para buscar los alimentos | una pareja | qué más se les ocurre | que sirva para plantas y animales

No.- **moviment**

Na.- **se desplazan**

D1.- qué hacen las plantas

Na.- **cambian de posición**

D1.- bueno pongamos que cambian de posición | y cuándo cambian de posición | todo el tiempo están así las plantas [moviendo el cuerpo de un lado a otro]

No.- cuando es de día

D1.- unas cuando es de día | otras cuando es de noche | otras cuando las toca algún animal || entonces cómo le ponemos || **cambian de posición cuando || sienten**

Na.- == que afuera hay algo

Na.- **cuando se siente**

## 5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’

No.- **cuando algo se acerca**

D1.- pensemos | cuando las tocamos | cuando

((Fin de la cinta lado A, inicio lado B))

D2.- que li donen els sentits?

Na.- **pensaments**

Na.- **reaccions**

D2.- **i què vol dir això?**

D2.- si però quan nosaltres ens diuen una cosa ens donen què?, li diuen alguna cosa els sentits

Na.- sí

D2.- y què vol dir això, que us donen?

Na.- **informació**

D2.- per tant | que **us sembla si canviem per informació** | **ara ja ens serveix per animals i plantes**

Ns.- sí

Ns.- **es donen informació**

Precisar las palabras ‘se mueven’

Al finalizar esta secuencia una niña introduce la palabra “información”. Podemos considerar que esta palabra es ya una entidad en tanto tiene un significado compartido por la clase relacionado con el modelo ser vivo, en la función relación.

Cabe mencionar que en otra actividad la palabra “información” vuelve a ser utilizada para referirse a la información que se trasmite de los progenitores a la descendencia. La docente pregunta a los escolares cómo podrán distinguir los dos tipos de información. Se producen dos secuencias discursivas en las que se establecen diferencias entre los dos tipos de información. En la tabla 5-1, se reproduce un fragmento de dichas secuencias a fines ilustrativos.

Fragmento actividad C: Cs14 y Cs15

D1.- a ver acá atrás | y **cómo vamos a diferenciar** | porque Marisol dice que los seres vivos podemos **captar información del exterior** | cómo vamos a distinguir **esta información que va de los progenitores** | de los padres | de esta información | **cuál será la diferencia** | porque estamos usando dos veces la palabra información y recuerden que esto no nada más nos tiene que servir a nosotros | si nosotros se lo diéramos a nuestro hermano o a nuestros padres o a nuestros amigos | ellos tendrían que poder también entenderlo | cómo distinguiremos una información de otra | o cómo lo podemos poner para que sean diferentes

Na.- pues que la información que llega es || **la captas a través** | **del** |

D2.- tu abans ho has dit com captes aquesta informació de l’exterior

Na.- a través del **tacte**

D2.- i això que són?

Na.- **sentits**

D1.- bien una palabra que hemos usado que es una palabra que también se usa en el lenguaje científico | son estímulos | los **estímulos** son toda esta **información que viene del medio** | lo que vamos a hacer es ponerle entre paréntesis estímulos que es toda esta información que se recibe del medio y para distinguirla de esta información que se transmite de padres a hijos | si entendemos la diferencia | quién me puede dar un ejemplo de un estímulo | o sea la información que los seres vivos pueden captar | como decía Marisol | **a través de los sentidos** | quien puede dar un ejemplo | qué podría ser un estímulo

**Tabla 5-1. Fragmento de conversación de la actividad C ‘Revisión esquema ser vivo’, para ejemplificar otro uso de la entidad ‘información’.**

En el siguiente fragmento de la misma secuencia *As6* observamos que la docente ejemplifica el mecanismo que se ha ido construyendo, utilizando la entidad “información”, generada como respuesta a las preguntas indirecta y directa, retomando nuevamente la base de la generalización, es decir que ha de servir para plantas y animales.

Fragmento As6

D1.- bueno entonces los rayos del sol es información que le dice a la planta dónde está el sol y la planta se mueve | esto nos servirá para animales y para plantas?

No.- yo creo que sí

Reciben ‘información’ del medio, responden
--------------------------------------------

El ejemplo *sirve para pasar de un nivel abstracto y general* (“las plantas reciben información del medio”) *a un plano más concreto y cercano a la experiencia* de los escolares. Esta es una estrategia utilizada por la docente *para establecer una relación entre la entidad abstracta y los ejemplos concretos* que tienen sentido para los escolares, al mismo tiempo para sintetizar la conversación en una frase sumaria en la que retoma las ideas principales que han sido expresadas por diferentes actores (niños, niñas y las mismas docentes).

Así, se pone de manifiesto una de las formas de construcción colectiva de significados, en la que vemos el papel de la docente al poner de manifiesto las ideas importantes por un lado, por otro al establecer relaciones entre los diferentes niveles de abstracción y finalmente organizar toda la información generando un nuevo significado.

Nuevamente **se produce una explicación jerárquicamente anidada que explica el movimiento en plantas y animales**. Esta explicación se produce en las secuencias *As5* y *As6*. En la primera se realiza la generalización respecto a que los seres vivos se mueven, especialmente las plantas, y en la segunda se explica este movimiento a través de mecanismos que tienen que ver con la relación.

Posteriormente en la conversación al volver al ejercicio escrito se produce un *movimiento escalar de mecanismos a generalizaciones*. La conversación finaliza con la secuencia discursiva *As7*, que hemos identificado como **generalización de tipo simplificación** y la secuencia *As8*, identificada como **generalización tipo condensación**.

En la secuencia *As7*, se retoma la idea inicial de la actividad respecto a qué cosas comparten todos los seres vivos. Como podemos ver en el fragmento siguiente, en la conversación se van mencionando las diferentes cosas que los escolares habían escrito anteriormente y se organizan las ideas, entre lo que hacen y lo que *no* hacen todos los seres vivos.

Fragmento As7

D1.- *necesiten el aire* | lo podemos dejar también | *surten de un altre ésser viu* | este también | las plantas de dónde vienen?

## 5. Análisis interpretativo de la actividad A 'Construcción del esquema de ser vivo'

No.- de una altra semilla  
D2.- de quin ésser viu | d'una planta diferent?  
Ns.- no!!  
No.- no de uno igual  
D1.- así que cuando aquí decimos que vienen de otro ser vivo nos referimos que | vienen de otro ser vivo que es similar | si de esta planta naciera una nueva planta pues nacería una similar a esta | verdad? [señalando una planta del salón]  
D1.- ideas que hemos escrito **pero que no nos sirven para todos los seres vivos | *tenen cames***  
Na.- **no eso no**  
D1.- ***viuen al bosc***  
...  
D1.- **i tenen casa refugi**  
Na.- sí  
D1.- podemos decir que **las plantas tienen *refugi***?  
Ns.- no  
D1.- **por eso no**  
D1.- **son salvatges?**  
D2.- tots els éssers vius son salvatges?  
Ns.- = **no** = = **sí** =  
D1.- nosotros somos seres vivos?  
Ns.- si  
D1.- y somos salvajes?  
Ns.- = no = = algunos = [risas]  
[Comentarios varios]  
...

Otras características que comparten todos los seres vivos.

Ejercicio escrito, seguimiento

En la secuencia discursiva *As8*, que identificamos como **generalización tipo condensación**, las maestras ejemplifican lo que será el ejercicio a realizar por equipos cooperativos, explicando cómo han de quedar organizadas las ideas. Como puede verse en el fragmento las docentes enuncian una *condensación de alto nivel de abstracción*, que incluye en definitiva las tres ideas básicas del modelo: nutrición, relación y reproducción.

### Fragmento As8

D1.- bien || cada quien lea **el segundo y el tercer círculo y vamos a ver la primera** dónde la ponemos || la primera es | *mengen* | pero lo hemos cambiado por ***ingereixen aliments*** || dónde la pondríamos | no me lo digan piensen dónde la pondríamos  
D2.- **mireu dels tres** a on els posaríem? <...> **provenen d'altres éssers vius i transmeten les seves característiques** | el penjaríem aquí?  
No.- no  
D2.- o el penjaríem en **rebre estímuls i donen resposta o el penjaríem en agafar material i energia de l'entorno i al retornen**  
Ns.- sí  
D2.- on lo punxaríem | del primer del segon o del tercer?  
Na.- del tercer  
D2.- thotom està d'acord?  
Ns.- sí

D2.- **perquè ingerir aliments no és que provenen d'altres éssers vius eh | ni és captar estímuls i donar respostes | és agafar material i energia de l'entorn i el retornen?**

Ns.- sí

D2.- **pues venga!**

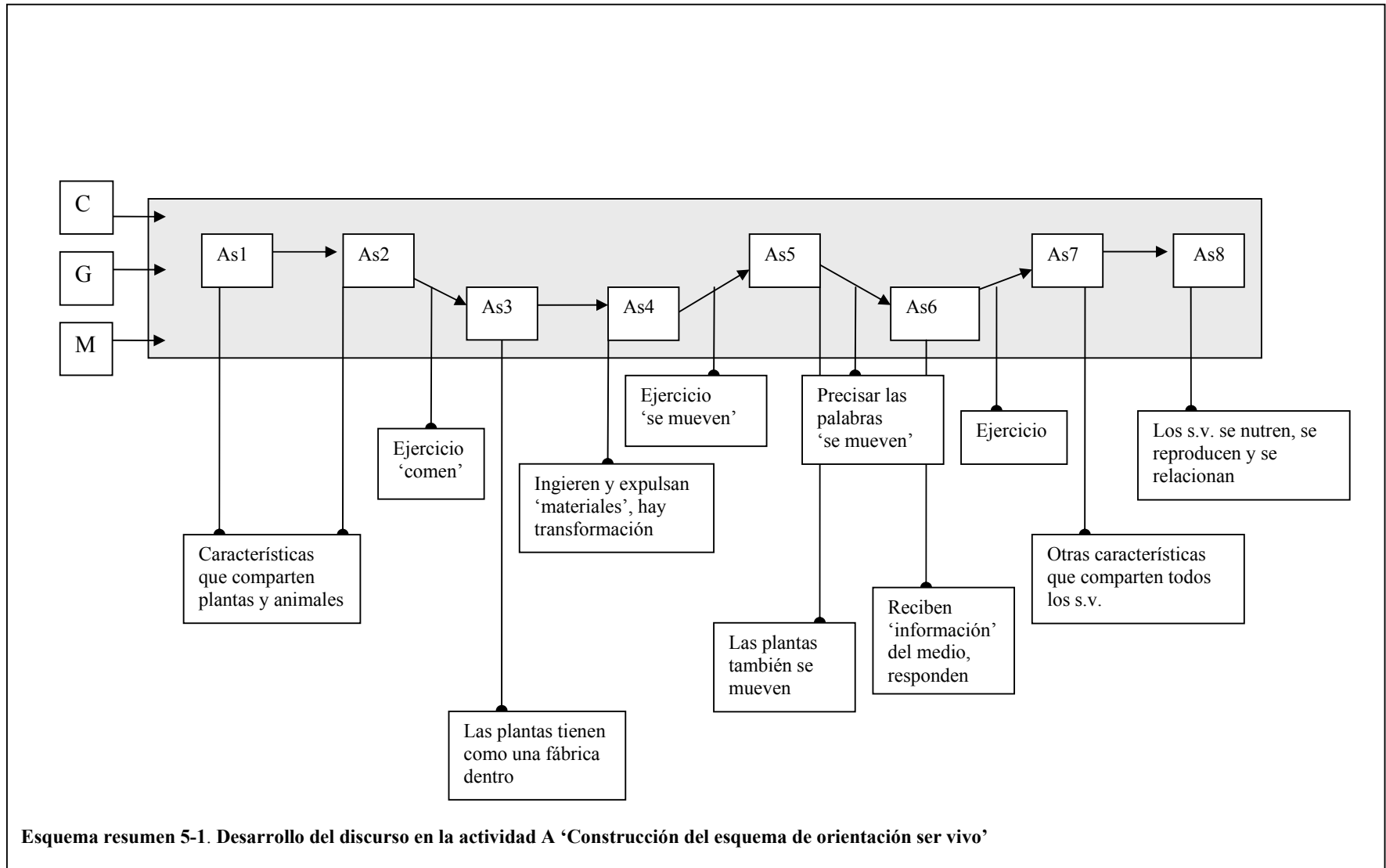
[los niños y niñas escriben en su ejercicio]

Los seres vivos se nutren, se reproducen y se relacionan
----------------------------------------------------------

Con esta secuencia discursiva termina la actividad A.

A continuación presentamos el esquema resumen 5-1 en el cual se identifica el desarrollo del discurso en la actividad A. En él colocamos las secuencias discursivas y las principales ideas que se abordan en cada una así como las ideas o actividades que se trabajan durante los movimientos escalares. Como hemos mencionado las secuencias *As1*, *As2*, *As5*, *As7* y *As8* las hemos identificado como de generalización y las secuencias discursivas *As3*, *As4* y *As7* como de mecanismos. En esta actividad A no identificamos secuencias de tipo constricciones.

5. Análisis interpretativo de la actividad A 'Construcción del esquema de ser vivo'





### 5.1.1.2. Respecto a quién promueve la explicación

De las ocho secuencias discursivas en que hemos dividido esta actividad, en seis identificamos que la explicación es promovida en *interacción* y en dos *As2* y *As6* la explicación es promovida por las **docentes**.

En las secuencias promovidas en *interacción* advertimos una *negociación de las experiencias y de los significados*. Un ejemplo de negociación de experiencias puede ser el que encontramos en la secuencia cinco, en la cual se incorporan las relacionadas con el “movimiento” en las plantas. En este caso, ante la insistencia de la docente en las preguntas: “¿*las plantas se mueven?*, ¿*pero las plantas no se moverán nunca?*”, los estudiantes finalmente proporcionan una serie de ejemplos extraídos de su experiencia que permiten evidencias que efectivamente ‘las plantas se mueven’.

#### Fragmento As5

D1.- *ahora es mouen* | pensemos en las plantas

No.- **si la coge una persona y se la lleva se mueve**

D1.- **cuál sería la diferencia entre los animales** que se mueven y cuando cogemos **una planta** y la movemos

Ns.- [comentarios]

D1.- a ver las manos levantadas!

D1.- a ver esperemos que ellos apunten mientras todos vamos a pensar cuál es la diferencia entre los animales que se mueven y cuando por ejemplo yo haga esto? [toma una planta del salón y la mueve de lugar] | **se movió la planta** o no se ha movido?

Ns.- **no**

No.- **si la has movido**

Na.- **pero ella | no la planta**

D1.- yo la he movido | eso es diferente | no?

No.- que **los animales se mueven solos y las plantas las tienes que coger tú para moverlas**

D1.- **las plantas no se moverán nunca?**

Na.- **sí cuando crecen**

D1.- van aumentando de tamaño | pero se mueven?

No.- **que sí hay unas que se mueven para el sol** | unas se van moviendo por las paredes **buscando la luz**

D1.- miren por ejemplo esta planta [señala una de las plantas del salón] | **alcanzan a ver como todas sus hojitas están hacia la luz**

Ns.- sí!

D1.- si la moviéramos del otro lado | después de un tiempo veríamos como las hojitas se han movido hacia la luz || **hay una flor que se llama girasol**

Ns.- ah si la conocemos

D1.- por qué le dicen girasol?

No.- **porque gira con el sol**

D1.- y eso quiere decir que se mueve?

Ns.- sí

D1.- entonces no es que se mueve que se desplaza | o que camina

Na.- **que va hacia algo**

Na.- **que gira**

D2.- hi havia una planta que a la nit es tancava

No.- **la carnívora también**

## 5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’

D2.- la carnívora també

No.- **un amigo té una planta carnívora així petita i obre la boca**

...

No.- la buenos días

D1.- en la mañana se abre y parece que te da los buenos días

No.- **en mi país hay buenos días**

Un ejemplo de secuencia en la que la explicación es promovida en *interacción*, en la que observamos la negociación de significados puede verse en la seis *As6*. Nuevamente la docente insiste en preguntar a los escolares para, partiendo de las experiencias personales, llegar a un significado que las engloba y que puede usarse incluyendo plantas y animales: *la información como aquella que captan los sentidos*.

### Fragmento As6

D2.- que li donen els sentits?

Na.- **pensaments**

Na.- **reaccions**

D2.- **i què vol dir això?**

D2.- si però quan nosaltres ens diuen una cosa ens donen què? | li diuen alguna cosa els sentits

Na.- sí

D2.- i què vol dir això | que us donen?

Na.- **informació**

D2.- per tant | que us sembla si canviem per informació | ara ja **ens serveix per animals i plantes**

Ns.- si

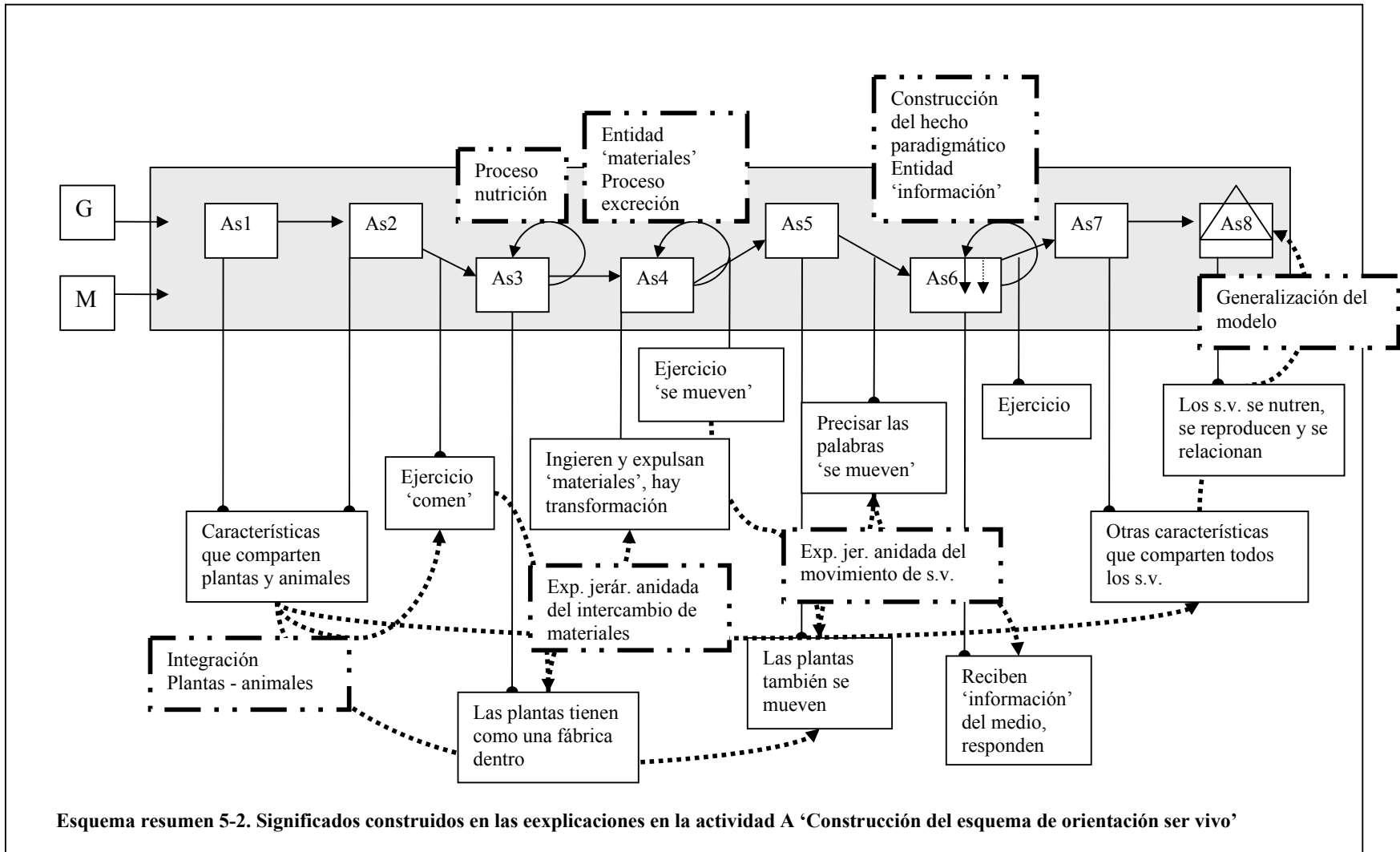
Respecto a las secuencias discursivas en las que la explicación es promovida por las *docentes*, encontramos que en la segunda, la docente hace entrega del ejercicio 5, y realiza una explicación sobre lo que se realizará en esta actividad, especialmente haciendo énfasis en *integrar lo que todos los seres vivos comparten*.

### Fragmento As2

D1.- para hablar de esto **hemos preparado esta ficha** | haremos los comentarios... | hemos puesto | uno | dos | **primero hemos puesto las ideas que hemos escrito y que comparten todos los seres vivos | otra que no comparten todos los seres vivos** | también unas que no han puesto y que son importantes para los seres vivos y otras ideas que sí que las hemos puesto todos | ...

Por otra parte en la última secuencia discursiva *As8*, en la que la explicación es promovida por las *docentes*, observamos que ellas realizan la *condensación final*, retomando las ideas expresadas en el transcurso de toda la sesión y que dará pie a la elaboración por parte de los estudiantes del ejercicio 6.

En esta actividad no se presentan secuencias discursivas en que la explicación sea promovida únicamente por los escolares.



### **5.1.1.3. Síntesis de las explicaciones: la superación de la dicotomía plantas – animales**

A continuación sintetizamos las interpretaciones sobre la construcción de las explicaciones en la actividad A. Los nuevos significados los presentamos en esquema resumen 5-2, señalados en recuadros con punto y línea, unidos a las secuencias de las que derivan a través de flechas curvas.

1. Hemos constatado **dos formas de construcción de nuevos significados en el modelo de ser vivo**. Por un lado la que se produce entre secuencias discursivas y por otro la que se produce en una misma secuencia discursiva.

1.1. **La primera forma de construcción de nuevos significados del modelo se produce dentro de una misma secuencia discursiva**. Las hemos representado en el esquema resumen 5-2 con flechas curvas continuas.

1.1.1. Encontramos construcción de significados en tres secuencias discursivas identificadas **bajo el tipo mecanismos**.

1.1.1.1. En la primera secuencia se realiza la **construcción de una parte del proceso de nutrición** que tiene que ver con la síntesis en plantas, utilizando una niña la analogía de la fábrica de alimento.

1.1.1.2. En la segunda **se genera la entidad ‘materiales’** que engloba líquidos, aire y cosas sólidas y se profundiza en el proceso de nutrición, **incorporando la idea de transformación** de los materiales que se ingieren y los que se excretan. Tanto la entidad ‘materiales’ como la idea de transformación se relacionan con el hecho de comer una tortilla y lo que se excreta posteriormente.

1.1.1.3. Por último, en la tercera secuencia **se genera la entidad ‘información’** al incorporarse la capacidad de los seres vivos de recibirla del medio. Aunque observamos una construcción colectiva del hecho, es destacado el papel de las docentes al especificar y relacionar las ideas importantes, establecer conexiones entre las ideas abstractas y el ejemplo concreto y organizar la información.

1.1.1.4. La construcción de las entidades ‘materiales’ e ‘información’ así como el aspecto en el que se profundiza en la función de nutrición parece estar influenciado por la dinámica misma de la conversación, pero también por los objetivos de las docentes, que en este caso se relacionan con la superación de la dicotomía

plantas – animales, la combinación de todos estos elementos crea **ritmos en la construcción de significados**. Éstos también pueden verse afectados por la percepción de las docentes sobre el ritmo y nivel de aprendizaje de los escolares.

1.2. **El segundo tipo** de construcción de nuevos significados del modelo ser vivo **se produce entre secuencias discursivas** Pueden verse en el esquema 5-2 representadas con flechas curvas punteadas.

1.2.1. **Entre secuencias discursivas del mismo nivel escalar:**

1.2.1.1. En el conjunto de las secuencias discursivas de tipo generalización **se construye una generalización de un orden superior que integra las actividades o características que comparten plantas y animales**. Para ello se **amplía la generalización** de la cual han partido los alumnos/as que abarcaba únicamente a los animales para incluir a las plantas. Se ve entonces que la **superación de la dicotomía plantas – animales** resultó un elemento importante para llegar a la condensación final que abarca las tres ideas básicas del modelo de ser vivo que se empieza a construir: nutrición, reproducción y relación.

1.2.2. **Entre secuencias discursivas de diferente nivel escalar: generalizaciones y mecanismos:**

1.2.2.1. Entre las secuencias discursivas **de generalización y mecanismo** observamos que **para superar la dicotomía plantas – animales relacionada con ‘comer’ y ‘moverse’ es necesario recurrir a los mecanismos**, los cuales dan un nuevo significado a estas actividades al integrarlas en las funciones de nutrición y relación.

1.1.1.1. Al relacionar las generalizaciones y los mecanismos sobre “comer” y “moverse” **se generan dos explicaciones jerárquicamente anidadas**. En ellas se utilizan las entidades generadas.

- La primera *explicación jerárquicamente anidada* explica que los seres vivos ingieren y expulsan materiales.
- La segunda *explicación jerárquicamente anidada* explica el movimiento en seres vivos, especialmente en plantas.

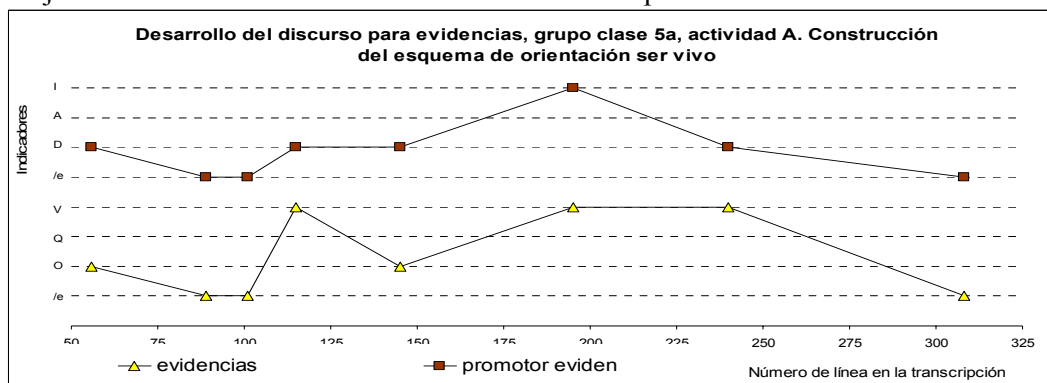
2. También hemos encontrado **cuatro movimientos escalares, que llevaron a la profundización en los mecanismos explicativos**. Las representamos en el esquema 5-2 con flechas rectas continuas que ascienden o descienden.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’

- 2.1. En cuanto a los movimientos escalares hacia generalizaciones ( $As4 \rightarrow As5$  y  $As6 \rightarrow As7$ ), se producen durante la conversación colectiva **al retomar las ideas expresadas por los escolares** durante el ejercicio ante la pregunta ¿qué comparten todos los seres vivos? Así, al pensar en las plantas y animales y sus actividades, se va al nivel de observación de las generalizaciones.
- 2.2. En cuanto a los movimientos hacia mecanismos ( $As2 \rightarrow As3$  y  $As5 \rightarrow As6$ ), el primero se produce ante **la intervención de una niña al utilizar la analogía** de la “fabrica de alimentos” en plantas y el otro surge **ante la solicitud indirecta de las docentes de determinar las palabras para comunicar** algo; con ello se genera la necesidad de precisar qué sucede, para darle un nombre y por tanto, **la necesidad de ‘explicar’, haciéndose indispensable recurrir a los mecanismos.**
3. Por otra parte, respecto a la **negociación de significados** destacamos que en la actividad A se generan nuevos significados en interacción entre docentes y escolares, en los cuales **las docentes negocian con los escolares**, tanto **las experiencias** relacionadas con los seres vivos, proponiendo la inclusión de las plantas, como **el significado** sobre qué implica ‘ser vivo’. Esta negociación **tiene como referencia** para las docentes en principio, y finalmente también para los escolares, **la organización de las ideas en las tres funciones: nutrición, reproducción y relación.**

### 5.1.2. Análisis de las evidencias

A continuación realizamos una análisis de las interacciones en la actividad A, tomando en cuenta el tipo de evidencias utilizadas. Partiendo de las tablas de secuencias discursivas de la segunda etapa del análisis construimos la gráfica 5-2, en el eje de las ordenadas presentamos los indicadores: *Sin evidencia* (/e), *observación* (O), *maqueta* (Q), *otras fuentes* (V), *docente* (D), *alumno/s* (A), *interacción* (I), en el eje de las abscisas el número de línea en la transcripción.



Gráfica 5-2. Distribución en el tiempo de las evidencias y quién las promueve en la actividad A ‘Construcción del esquema ser vivo’.

### 5.1.2.1. Las evidencias

Como podemos observar en la gráfica anterior en la primera secuencia *As1*, identificamos una evidencia de **observación** directa que se realiza sobre dos de las plantas que se encontraban permanentemente en el aula y que fueron utilizadas en dos momentos: un primer momento, como observamos en el fragmento siguiente, para establecer la *diferenciación entre seres vivos y objetos inanimados*, comparando una planta con una silla y un segundo momento que analizamos más adelante.

#### Fragmento As1

D1.- ... ustedes ya hicieron un ejercicio donde pensamos qué tienen todos los seres vivos en común ... | **cuando hablamos de esta silla que no es un ser vivo** | podemos preguntarnos **de qué fabrica viene** | de qué materiales esta hecha | **como tiene los asientos** | el respaldo | pero **cuando hablamos de los seres vivos** | como estos [muestra unas cactáceas] | estos son seres vivos o no?

Ns.- sí

D1.- cuando hablamos de estos **tenemos que pensar en otras cosas...**

Un segundo momento, como observamos en el fragmento siguiente perteneciente a la misma secuencia *As1*, para la **observación directa al poner la atención sobre las plantas como seres vivos** dado que, como mencionamos en la descripción de las explicaciones, los estudiantes *las mantenían fuera de sus generalizaciones* al incluir únicamente los animales.

#### Fragmento As1

D1.- se acuerdan que el ejercicio que hicimos ((la clase anterior)) ...

**pero cuando hablamos de los seres vivos** | como estos [muestra unas cactáceas] | **estos son seres vivos o no?**

Ns.- sí

D1.- ... pero también han puesto algunas ideas que sólo tienen que ver con algunos seres vivos | no con todos | por ejemplo | **muchos han pensado sólo en los animales** | **no en las plantas** | **por ejemplo cuando me dicen caminan!?** | por ejemplo | **estos son seres vivos** | **caminan?** [toma una planta]

No.- no

...

D1.- y en qué estabas pensando cuando lo pusiste | **en los animales** | en las personas?

No.- en todo

D1.- en todo menos **en las plantas** | verdad?

...

En la segunda secuencia discursiva *As2* **la encontramos sin evidencia** alguna. En ella las docentes presentan el ejercicio a realizar y hablan en términos generales de las ideas que los escolares han escrito en el ejercicio cuatro, realizado la clase anterior.

La tercera secuencia discursiva *As3* **no presenta evidencia** alguna. Como hemos descrito en el apartado de las explicaciones, en ella se profundiza en el proceso de

## 5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’

nutrición en plantas, sin que se ofrezcan evidencias que apoyen las afirmaciones que se realizan.

En la cuarta secuencia *As4*, la evidencia proviene de **otras fuentes**, específicamente se refiere a **experiencias antecedentes** de los escolares en relación a las diferencias entre lo que comen y lo que excretan. En el siguiente fragmento podemos identificar cómo la docente (D2) plantea el ejemplo sobre las diferencias entre la tortilla ingerida y excretada, utilizando dicha evidencia para *ejemplificar la entidad ‘materiales’* introducida anteriormente.

### Fragmento As4

Na.- expulsa cosas

D1.- **le podemos poner materiales | para incluir agua | aire | cosas sólidas | les parece?**

Ns.- sí

D2.- **totes aquestes coses penseu | quan menges una truita i vas al lavabo després s’assembla a la truita?**

Ns.- **noo!!**

D2.- **el que hem de pensar es si el material que surt es igual al que entra**

Ns.- no

D2.- **veritat que aquests materials que expulsem no s’assemblen als que mengem**

D1.- **== sí también les hemos puesto materiales**

La docente (D1) refuerza la construcción de la entidad con una frase que puede interpretarse como *integración del ejemplo de la tortilla a la entidad abstracta ‘materiales’* que incluye “agua, aire y cosas sólidas” cuando dice “sí **también** les hemos puesto materiales”. El uso de la palabra *también* implica que la tortilla que se comen los escolares y lo que excretan *se incluyen en la entidad ‘materiales’*.

Este caso ejemplifica parte del proceso de modelización, las experiencias de los escolares, como casos particulares, se incorporan en principio a la generalización sobre que los seres vivos excretan y posteriormente a la entidad “materiales”. Dicha *entidad tiene un sentido específico dentro del modelo que difiere de la vida cotidiana, en la cual los materiales pueden representar multitud de cosas diferentes* (plásticos, vidrio, madera, etc.)

La quinta secuencia *As5* se apoya en evidencias por **observación** directa. En este caso la evidencia se sitúa nuevamente en la inclusión de las plantas en la generalización sobre lo que los seres vivos comparten. Como se ve en el fragmento, la discusión gira entorno a si las plantas tienen o no movimiento. Aquí *la evidencia ayuda a reflexionar sobre los distintos tipos de movimiento de los seres vivos*. Se diferencia entre el hecho de que las plantas pueden moverse al ser transportadas y el de que presentan un movimiento de respuesta al estímulo de la luz. Así se *incorpora a las plantas a la generalización* de que los seres vivos ‘se mueven’ como respuesta a lo que sucede en el medio.

### Fragmento As5

D1.- *ahora es movern* | pensemos en las plantas

No.- **si la coge una persona y se la lleva se mueve**



D1.- **cuál sería la diferencia entre los animales que se mueven y cuando cogemos una planta y la movemos**

Ns.- [comentarios]

...

D1.- ...

vamos a pensar cuál es la diferencia entre los animales que se mueven y cuando por ejemplo yo haga esto? [**toma una planta del salón y la mueve de lugar**] | **se movió la planta o no se ha movido?**

Ns.- no

No.- **sí la has movido**

Na.- **pero ella | no la planta**

D1.- yo la he movido | eso es diferente | no?

No.- que los animales se mueven solos y las plantas las tienes que coger tú para moverlas

.....

D1.- miren por ejemplo **esta planta [señala una de las plantas del salón] | alcanzan a ver como todas sus hojitas están hacia la luz**

Ns.- sí!

Dado que el movimiento de las plantas es de *difícil observación directa inmediata*, las docentes recurren a ‘otras experiencias’ de los estudiantes para evidenciarlo. Así, **esta evidencia** de observación **se complementa** con las que se presentan en la secuencia siguiente (*As6*), que proviene de *otras fuentes* específicamente *experiencias antecedentes* de los escolares.

En la sexta secuencia discursiva *As6* se hace referencia a las experiencias que los escolares tienen respecto al movimiento de las plantas, específicamente respondiendo a estímulos luminosos. En este caso en la conversación se expresan una serie de ejemplos que llevan, a través de las preguntas elaboradas por las docentes, a la generación de la entidad ‘información’, tal como hemos descrito en el apartado de explicaciones (cambian de posición, se abren de día, se cierran de noche, las carnívoras, los girasoles, la “buenos días”).

En la séptima secuencia discursiva *As7*, la evidencia proviene de *otras fuentes*, las docentes recurren a *experiencias antecedentes* de los escolares para evidenciar que no todos los seres vivos viven en el bosque y son salvajes, como los escolares habían expresado en el ejercicio 5.

Fragmento As7

D2.- us enrecordeu que havíem posat els ésser vius que viuen al bosc?

No.- sí

D2.- **sí | però tots els éssers vius viuen al bosc?**

No.- no

D2.- **però els que viuen a la ciutat també son éssers vius | i viuen al bosc? | els gossos son éssers vius?**

Ns.- sí

D2.- **i viuen al bosc?**

Ns.- no

D1.- ... por ejemplo **las hormigas no sólo viven en el bosque | hay hormigas que viven en la ciudad | verdad?**

Ns.- sí

## 5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’

Por último, en la secuencia ocho *As8*, se realiza una generalización con las tres ideas del modelo de ser vivo. Como hemos mencionado en el apartado de las explicaciones, esta generalización es abstracta y *sin evidencia* alguna. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que esta abstracción toma como base la conversación de toda la actividad, por lo que consideramos que *indirectamente se apoya en todas las evidencias presentadas a lo largo de la misma*.

### **5.1.2.2. Respecto a quién promueve la evidencia**

Como podemos observar en la gráfica 5-2, las evidencias de las secuencias uno *As1*, cuatro *As4*, cinco *As5* y siete *As7*, fueron promovidas por las *docentes*.

En las secuencias uno *As1*, cinco *As5* y siete *As7* las *docentes* la generan para ayudar a los estudiantes a realizar una generalización más global (incluyendo a las plantas) sobre las características que los seres vivos comparten.

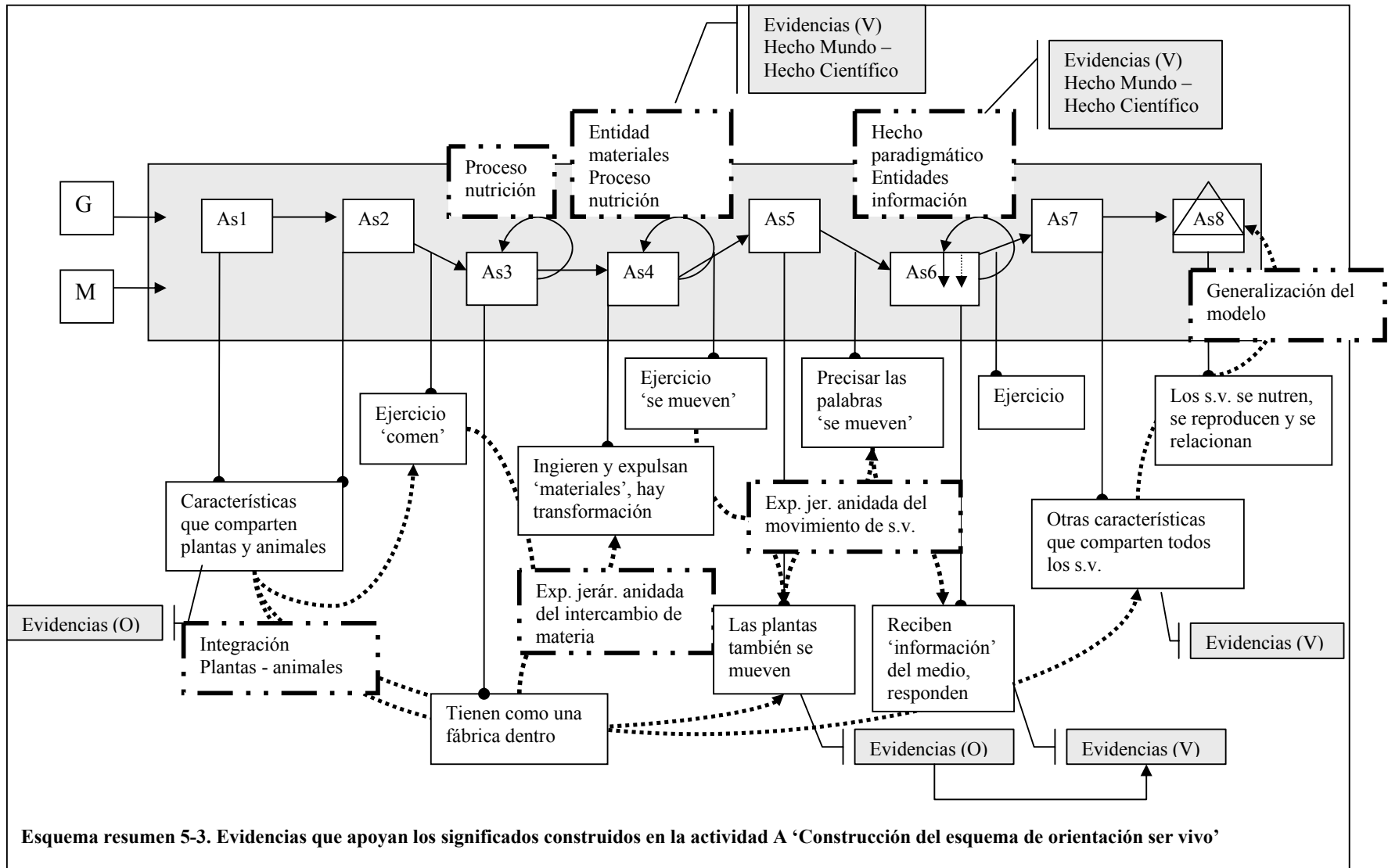
En la secuencia cuatro *As4* la evidencia, también promovida por las *docentes*, apoya la construcción de la entidad ‘materiales’.

En la secuencia seis *As6*, la evidencia es promovida en *interacción*, los escolares hablan de sus experiencias con el movimiento de las plantas y las docentes buscan que los escolares expresen sus experiencias a través de preguntas. Estas evidencias apoyan la generación de la entidad ‘información’.

Por último, la conversación en las secuencias dos *As2*, tres *As3* y ocho *As8* son *sin evidencia* alguna.

### **5.1.2.3. Síntesis de las evidencias: Las observaciones para las generalizaciones, las experiencias previas para los mecanismos**

Para visualizar los momentos en que se presentan evidencias y los procesos de construcción del modelo que apoyan, hemos complementado el esquema resumen 5-2, situando las evidencias y generando el esquema resumen 5-3. Hemos representado las evidencias en recuadros de tipo ‘llamada’ usando una línea continua y un sombreado gris para identificarlas como elementos nuevos respecto al esquema resumen 5-2.



## 5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’

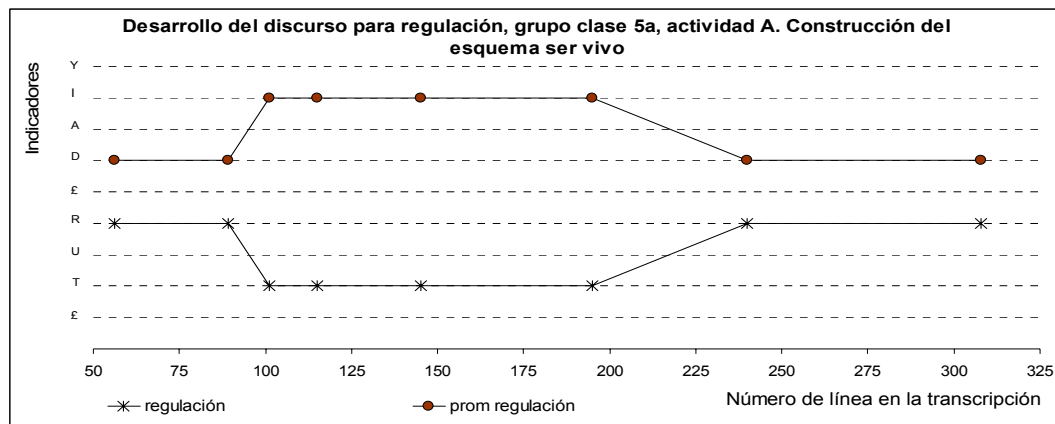
En síntesis sobre las evidencias de la actividad A, podemos decir lo siguiente:

1. En relación al tipo de evidencias, encontramos evidencias por observación directa y por otras fuentes.
  - 1.1. Las evidencias por **observación directa** se relacionan **con plantas** presentes en el aula de clases y se utilizan para llamar la atención sobre éstas como seres vivos, siendo el punto de partida para la superación de la dicotomía plantas – animales.
  - 1.2. Las evidencias por otras fuentes que se basan en **experiencias anteriores del alumnado** y se relacionan por una parte con el **movimiento de plantas**, ayudando a reflexionar sobre los diferentes tipos de movimiento posible y por otra parte con la diferencia entre **lo que se come y lo que se excreta** se que ayuda a evidenciar la idea de **transformación**.
2. En relación a la construcción de nuevos significados del modelo de ser vivo se encontró que todas las evidencias **refuerzan los momentos de la construcción de nuevos significados del modelo** en sus dos vertientes: al interior de una secuencia discursiva y entre secuencias discursivas.
  - 2.1. Respecto a las evidencias que apoyan significados construidos **al interior de una secuencia discursiva, identificadas como de tipo mecanismo**.
    - 2.1.1. Las evidencias que se presentan **recuperan experiencias antecedentes de los escolares**. Esto puede deberse a que en esta actividad A **no se realizan actividades experimentales que permitan obtener evidencias por observación que apoyen los procesos o entidades que se construyen** y que tienen que ver con los mecanismos explicativos de la nutrición y de la relación. Por tanto, **las docentes han de recurrir a otras evidencias**, como a experiencias antecedentes de los estudiantes.
    - 2.2. Respecto a las evidencias que apoyan significados construidos **entre secuencias discursivas**.
      - 1.1.1. Para los significados construidos entre secuencias de tipo **generalización**, encontramos dos evidencias por observación, que **apoyan la superación de la dicotomía plantas – animales**. También una evidencia de experiencias anteriores de los escolares que apoya la generalización sobre otras características que comparten o no todos los seres vivos, como el hecho de ser salvajes. **Todas estas evidencias son generadas por las docentes para ayudar a los estudiantes a realizar una generalización más global**.

1.1.2. Para los significados construidos entre secuencias de **generalización y mecanismo** en las que se producen dos explicaciones jerárquicamente anidadas encontramos que en el caso del movimiento de las plantas **las evidencias por observación** aportadas en la generalización, **se complementan** con las evidencias de **experiencias antecedentes** sobre plantas que se mueven, **para evidenciar los mecanismos, apoyando la generación de la explicación jerárquica**. Por otra parte en la explicación sobre transformación de materiales que se ingieren y excretan sólo se presentan evidencias por experiencias antecedentes.

### 5.1.3. Análisis de la regulación

A continuación presentamos el análisis de los indicadores relacionados con la regulación para la actividad A. Partiendo de los resultados del segundo nivel del análisis construimos la gráfica 5-3, en el eje de las ordenadas presentamos: *sin regulación* (£), *transformación* (T), *uso* (U), *regulación* (R), *docentes* (D), *alumno/as* (A) e *interacción* (I), en el eje de las abscisas el número de línea de la transcripción.



Gráfica 5-3. Distribución en el tiempo de la regulación y quién la promueve en la actividad A ‘Construcción del esquema de orientación ser vivo’.

#### 5.1.3.1. La regulación

En las secuencias uno, dos y siete y ocho (*As1*, *As2*, *As7* y *As8*) identificamos **regulación**. En todos los casos la regulación se refiere a la idea ‘ser vivo’. En la secuencia *As1*, como podemos observar en el fragmento siguiente, la docente llama la atención sobre *la necesidad de incluir a las plantas al pensar en los seres vivos*.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’

### Fragmento As1

D1.- ... | pero también han puesto algunas **ideas que sólo tienen que ver con algunos seres vivos | no con todos | por ejemplo | muchos han pensado sólo en los animales | no en las plantas |**

...

Na.- yo

D1.- **y en qué estabas pensando cuando lo pusiste** | en los animales | en las personas?

No.- **en todo**

D1.- **en todo menos en las plantas | verdad?** | qué otra cosa hacen los animales que las plantas no hacen?

Na.- cazan

Na.- sus necesidades

D1.- que significa que hagan sus necesidades?

Na.- la caca

D1.- esto es algo que tenemos que platicar | **porque a veces las plantas hacen cosas que hacen los animales y nosotros no nos damos cuenta**

Na.- sí | respirar

Podemos observar en el fragmento anterior, que la docente genera lo que en palabras de Ogborn, *et al.* (1998: 29) sería la “*creación de diferencias*”. En este caso, la docente invita a los estudiantes a revisar lo que han expresado sobre las cosas que comparten todos los seres vivos dado que hay ‘algo’ que no han considerado: las plantas. Esto *genera la necesidad de revisar lo que han pensado, para re-elaborarlo*. Esta ‘diferencia’ entre lo que se sabe y lo que podría saber orienta la conversación y, según estos autores, produce una motivación que guía la conversación.

Por otra parte, en la secuencia *As2*, la docente parte de la idea de que los seres vivos tienen características comunes. Los estudiantes van a organizar estas características en el transcurso de la actividad A, *comparando lo que han pensado y escrito en el ejercicio 4 y el planteamiento de las docentes para incorporar las plantas*. Como mencionamos en la sección de explicaciones, en esta actividad A, se produce una generalización que engloba plantas y animales. En esta secuencia se plantea *la regulación de la idea de ‘ser vivo’ en función a esta generalización*, de la cual se derivan las tres funciones del modelo. En el fragmento siguiente que ya hemos analizado en la sección de explicaciones podemos observar dicha regulación.

### Fragmento As2

D1.- ... haremos los comentarios de las respuestas al ejercicio **qué quiere decir ser vivo** [reparten unas hojas] || hemos puesto | uno | dos | **primero hemos puesto las ideas que hemos escrito y que comparten todos los seres vivos | otra que no comparten todos los seres vivos | también unas que no han puesto y que son importantes para los seres vivos y otras ideas que si que las hemos puesto todos ... ahora es organizar la información ... que hay mucha diversidad de cosas que hacen los seres vivos y un ser vivo para que se diga que esta vivo tiene que hacer varias cosas** no sólo respirar por ejemplo ... organizarlas en cuadro ... que nos pueda ayudar a **pensar** <...>

En la secuencia *As7*, encontramos nuevamente *regulación* respecto a la idea de ser vivo y la inclusión de las plantas en esta categoría. En este caso la regulación tiene que ver con otros aspectos que comparten todos los seres vivos, por ejemplo, el

hecho de que respiran, provienen de otros seres vivos y de que viven en diversos lugares (no únicamente en el bosque, como habían expresado los niños y las niñas en el ejercicio 4, realizado en la clase anterior).

Fragmento As7

D1.- **tenemos otras ideas aquí | beuen líquids | aigua | sirve para plantas y animales | respiren necessiten el aire | lo podemos dejar también | surten de un altre ésser viu | este también | las plantas de dónde vienen?**

No.- de una altra semilla

...

D1.- así que cuando aquí decimos que vienen de otro ser vivo nos referimos que | **vienen de otro ser vivo que es similar ...**

D1.- **ideas que hemos escrito pero que no nos sirven para todos los seres vivos | tienen cames**

Na.- **no eso no**

D1.- **viuen al bosc**

...

Ns.- no

...

D1.- **i tienen casa refugui**

Na.- sí

D1.- podemos decir que las plantas tienen *refugi*?

Ns.- no

D1.- por eso no

D1.- **son salvatges?**

D2.- tots els éssers vius son salvatges?

Ns.- == no == == sí ==

...

En la secuencia As8, las docentes realizan una **regulación** al retomar *las ideas claves del modelo*. *Organizan, resumen y sintetizan las ideas reguladas en la actividad y enuncian la generalización del modelo*. Como podemos observar en el fragmento se utiliza el lenguaje que se ha transformado: los animales ingieren alimento, toman materiales del entorno y los retornan. También observamos que se utiliza lenguaje y frases significativas que no han sido objeto de regulación y transformación en esta actividad: toman energía del entorno y la retornan, provienen de otros seres vivos y transmiten sus características<sup>1</sup>.

Fragmento As8

D1.- **... mengen | pero lo hemos cambiado por ingereixen aliments** || dónde la pondríamos | no me lo digan piensen dónde la pondríamos

D2.- mireu dels tres a on els posaríem? <...> **provenen d'altres éssers vius i transmeten les seves característiques** | el penjaríem aquí?

No.- no

D2.- o el penjaríem en **rebre estímuls i donen resposta o el penjaríem en agafar material i energia de l'entorn i el retornen**

....

D2.- perquè ingerir aliments no és que provenen d'altres éssers vius eh | ni és captar estímuls i donar respostes | és agafar material i energia de l'entorn i el retornen?

Ns.- sí

<sup>1</sup> Estas ideas fueron objeto de discusión y regulación en otras actividades de esta unidad didáctica.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’

D2.- pues venga!

....

[se forman por equipos cooperativos y hacen el ejercicio, las maestras van a las mesas a ayudar]

Podemos decir, dado las características de la actividad, que *la regulación sobre la idea ‘seres vivos’ se extiende a todo lo largo de ella.* Ya en las secuencias discursivas *As1* y *As2* se plantea la necesidad de reflexionar sobre lo que significa ‘ser vivo’, y de que los escolares se cuestionen si han incluido a las plantas en sus generalizaciones. En la secuencia *As7*, continúa la regulación con una serie de ideas que nuevamente retoman la integración de las plantas en la generalización. Por último, en la secuencia *As8*, se cierra la regulación cuando las docentes enuncian las tres ideas del modelo.

Respecto a las cuatro secuencias que hemos identificado como de **transformación** del lenguaje, en la primera correspondiente a la secuencia *As3*, se transforma la palabra ‘comen’ ‘*mengen*’, por ‘los animales ingieren su alimento’ y se especifica que las plantas no ‘comen’ sino que ‘fabrican su alimento’.

### Fragmento As3

D1.- la primera idea que hemos escrito =**es mengen**= [escribe en el pizarrón]

Ns.- =mengen=

D1.- **todos los seres vivos mengen?**

Ns.- sí

D1.- **las plantas?**

Ns.- sí

Na.- **tienen como una fábrica dentro | hacen su comida**

...

D1.- ... **entonces aquí tenemos un espacio que dice ‘Com es diu científicament?’ | vamos a poner que los animales ingieren alimento** [la maestra escribe en el pizarrón, los niños y niñas escriben en sus hojas]

En la secuencia *As4*, la **transformación** se realiza de la palabra ‘cagan’ a ‘excretan’. Podemos observar en el fragmento que *esta transformación*, al igual que las otras presentadas en esta actividad, *implica la generación de nuevos significados*. Esto lleva al uso de una palabra diferente, por tanto, la transformación del lenguaje *no se trata de una substitución de una palabra por otra*. En este caso concreto, la palabra ‘cagan’ usada por los escolares como sinónimo de “expulsan la comida, cosas o lo que no pueden más”, se transforma en “excreción” como expulsar los materiales que no utilizan (agua, gases y sólidos) incorporando también la excreción en plantas.

### Fragmento As4

D1.- Cómo vamos a poner aquí | en vez de cagan

D1.- expulsen lo que ||

Na.- **las cosas que no le van bien**

Na.- lo que es malo para el cuerpo

Na.- no | no es malo porque si no | no se lo comerían | **es lo que ya no pueden más**

...

Na.- **la comida la expulsa**



...  
D1.- **le podemos poner materiales | para incluir agua | aire | cosas sólidas | les parece?**

....

D1.- entonces que vamos a poner?

Ns.- expulsem els materials que no ens serveixen

D1.- en vez de decir que caguen

D2.- **si sentim aquest forma què diriem que és científic o no científic**

Ns.- **no científic**

D1.- además está la usamos mucho para las personas y para los animales | pero ya dijimos que también | **las plantas expulsan los materiales que no les sirven y no decimos que cagan | verdad?**

Ns.- no [risas]

En las secuencias *As5* y *As6*, la **transformación** se relaciona con las palabras ‘se mueven’, utilizada inicialmente por los alumnos/as como ‘desplazamiento’ en animales, por la idea de que los seres vivos ‘responden a la información del medio’.

Fragmento *As5*

D2.- hi ha unes plantes que les toques amb les mans i de seguida es tanquen | es protegeixen

Ns.- sí | como la carnívora

D2.- si els toca una mosca o algun altre animal | de seguida es tanquen | **és perquè reben alguna cosa de l'exterior i de seguida responen**

....

D2.- bé | això ja és diferent | estem parlant de quan les plantes responen a alguna cosa que passa a l'exterior | com que la planta es mou dóna una resposta |

### **5.1.3.2. Respecto a quién promueve la actividad de regulación**

En las secuencias *As1*, *As2*, y *As7* identificamos regulación promovida por las **docentes**, y en la secuencia *As8* uso de lenguaje regulado, igualmente por parte de las **docentes**.

Respecto a las secuencias *As3*, *As4*, *As5* y *As6*, en estas identificamos transformación del lenguaje promovido en **interacción**.

### **5.1.3.3. Síntesis de la regulación: La regulación de la idea ser vivo a través de incluir a las plantas**

Tomando en cuenta los apartados anteriores construimos el esquema resumen 5-4. En este presentamos las interpretaciones realizadas respecto a la regulación y transformación del lenguaje en recuadros tipo ‘llamada’ con línea punteada y con fondo verde claro. Tomando en cuenta lo anterior, en síntesis respecto a la regulación en la actividad A, podemos decir lo siguiente:

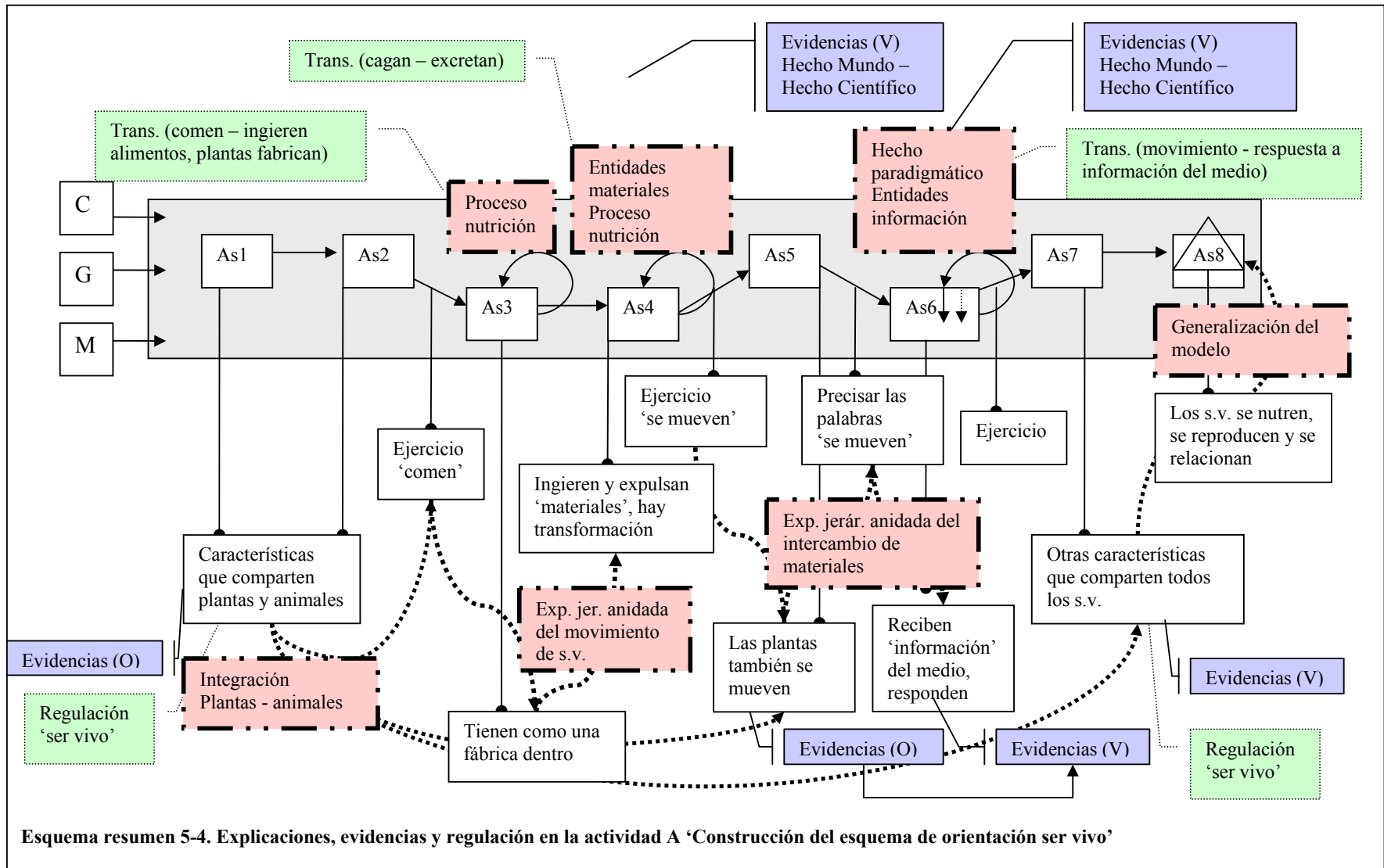
## 5. Análisis interpretativo de la actividad A ‘Construcción del esquema de ser vivo’

### 1. En relación a la regulación.

1.1. Durante toda la actividad identificamos un **proceso de regulación de la idea ‘ser vivo’** que se centra en reflexionar sobre las características compartidas por plantas y animales. Este proceso **se inicia con la ‘generación de diferencias’** respecto a la generalización sobre aquello que todos los seres vivos comparten, en las cuales se genera una expectativa respecto a lo que los escolares saben y lo que es posible aprender de nuevo. Esto se debe a que la generalización realizada por los estudiantes no incluía a las plantas. **Esta regulación es promovida básicamente por las docentes y se asocia con la construcción de significados entre secuencias discursivas de tipo generalización.**

### 2. En relación a la transformación del lenguaje.

2.1. Identificamos **transformaciones del lenguaje** que incluyen “comen” por “los animales ingieren su alimento y las plantas lo fabrican”, “cagan” por “excretan” “expulsan lo que les sirve” y “se mueven” por “responden a información que reciben del medio”. Hemos evidenciado que dicha transformación **implica un cambio en el significado** y no una sustitución de una palabra por otra. Ambas transformaciones se presentan dentro de las **secuencias de tipo mecanismos** y se **realizan en interacción** docentes-escolares, ya que son las palabras usadas por los estudiantes las que son transformadas en un proceso de interacción docentes – alumnos/as.



Esquema resumen 5-4. Explicaciones, evidencias y regulación en la actividad A 'Construcción del esquema de orientación ser vivo'

## 5.2. Actividad D 'Maqueta sin seres vivos'

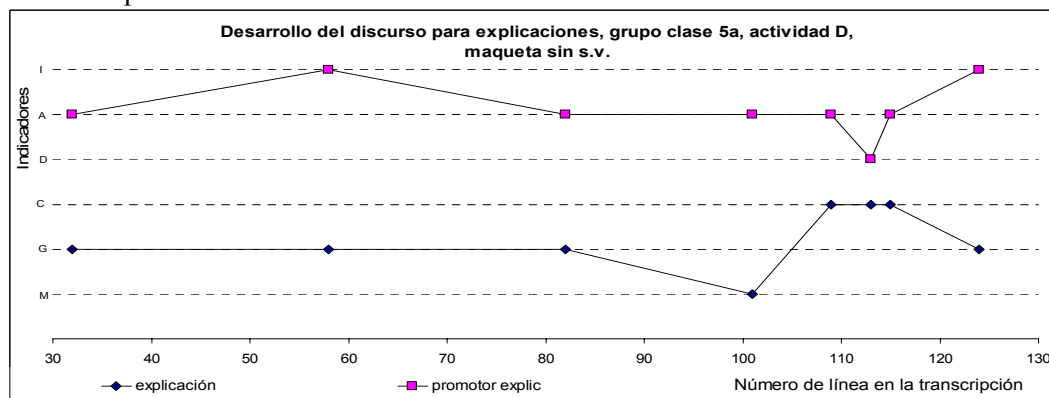
En esta actividad D se realizó con los escolares un ejercicio de imaginación en el que, teniendo presente la base de la maqueta sin seres vivos (fotografía 5-2), se invitó a los niños y las niñas a decir ¿qué hay? Esta actividad tenía como finalidad identificar un punto de partida, ya que en el trabajo con la maqueta una de las cosas en que se puso énfasis fue en las transformaciones que se iban produciendo. También se pretendía identificar qué cambia una vez colocados los seres vivos.



Fotografía 5-2 Base de la maqueta, como punto de partida de la manipulación. Desde ella se reflexiona sobre ¿qué hay antes de colocar a los seres vivos?

### 5.2.1. Análisis de las explicaciones

A continuación realizamos el análisis de las explicaciones de la actividad D, tomando en consideración las secuencias discursivas que identificamos la segunda etapa del análisis. Así, construimos la gráfica 5-4, en el eje de las ordenadas presentamos los indicadores: *mecanismos* (M), *generalizaciones* (G), *constricciones* (C), *docentes* (D), *alumno/a* (A), *interacción* (I). En el eje de las abscisas los números de líneas de la transcripción.



Gráfica 5-4. Desarrollo del discurso para las explicaciones y quién las promueve, grupo clase 5a, en la actividad D.

### 5.2.1.1. Las explicaciones

Siguiendo la gráfica 5-4, podemos ver que las tres primeras secuencias discursivas *Ds1*, *Ds2* y *Ds3* las identificamos como **generalizaciones tipo simplificación**. En estas simplificaciones se busca identificar los elementos abióticos y se les distingue de los bióticos. En la primera secuencia *Ds1*, como podemos ver en el fragmento siguiente, los escolares identifican la presencia de tierra, piedras, montañas, rocas y agua.

#### Fragmento Ds1

D1.- bueno || miren | el primer ejercicio de imaginación que vamos a hacer || hemos preparado la base de la maqueta [la acomoda junto a la pizarra]  
 No.- que guay  
 D1.- este primer ejercicio | ahora no tenemos nada de plantas y animales | pero ustedes que es lo que se imaginan | **tenemos cosas que sí hay** | qué?  
 No.- = = **tierra**  
 ...  
 Na.- **piedras**  
 Na.- **montañas**  
 No.- **Rocas**  
 D1.- rocas [escribe en el pizarrón] ...  
 No.- **agua**

En la segunda secuencia *Ds2*, se reconocen otros elementos abióticos, la arena, posible presencia de fábricas, etc. Sin embargo, lo interesante de esta secuencia es la diferenciación que se realiza, a partir de que un niño menciona la madera y de otra niña que menciona la comida, entre lo que son seres vivos o parte de los seres vivos y lo que *no* son seres vivos.

#### Fragmento Ds2

No.- **madera**  
 D1.- **la madera es parte de los seres vivos o no?**  
 Ns.- si  
 D1.- si? parte de los árboles  
 Na.- **comida**  
 D1.- como qué comida?  
 Na.- **fruta**  
 No.- **pero <...> es parte de los árboles**  
 Na.- comida  
 D1.- como qué comida?  
 Na.- fruta...

**Generalización.-** Identificación del patrón del fenómeno. Situada en el nivel organismo.  
 - **Gen. por condensación.-** frase sumaría de varias observaciones.  
 - **Gen. por simplificación.-** Identificación de la esencia del fenómeno.  
 - **Gen. por unificación.-** Emparejamiento de dominios  
**Mecanismo.-** Mirada al nivel inferior de organización. Explica causalmente el patrón del fenómeno  
**Constricción.-** Mirada al nivel superior de organización. Explica causalmente las limitantes del fenómeno.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’

Podemos observar en el fragmento anterior que la docente presenta el argumento: “la madera es parte de los seres vivos”. Esta misma forma argumental es retomada por un niño al cuestionar a otro sobre la pertinencia de identificar a la comida, específicamente la fruta, como objeto sin vida, al momento que le dice “pero, es parte de los árboles”.

En la tercera secuencia *Ds3* la discusión se centra en torno a qué significa ‘ser vivo’. Observamos cómo surge la controversia entre los escolares respecto a *si las frutas y las semillas son seres vivos*. En el fragmento siguiente se pone de manifiesto que ante la controversia citada los escolares recurren a la idea subyacente de reproducción.

### Fragmento Ds3

D1.- estamos hablando de la fruta que tu dijiste | qué opinan | **ponemos la fruta ahí?** ((en la pizarra))

Ns.- = **sí** =

Ns.- = **no** =

D1.- acuérdense que estamos dividiendo lo que **esta vivo** lo que hay pero **no son seres vivos**

Na.- **sí porque las frutas no son seres vivos**

D1.- no son?

No.- **sí les llavors**

Na.- = = no pero

Na.- = = **sí si las entierras**

No.- **sí perquè son parts dels arbres és el seu fruit | si cauen a terra torna a creixer de nou un altre pi || i és un**

Na.- = = **pero eso no es un fruto**

D1.- cuál fruto no es sería un ser vivo

D2.- has menjat pomes?

Ns.- sí

D2.- i a dins què hi ha?

No.- la semilla

D2.- **la llavor! I es un ésser viu o no? | podria anomenar-se un ésser viu**

Ns.- sí

¿Qué hay en la maqueta antes de poner a los seres vivos?

Con respecto a estas tres primeras secuencias de simplificación, en la cuales se identifica la esencia del fenómeno -lo que *no* son seres vivos y lo que *sí* lo son-, observamos cómo se va *avanzando en la conversación hacia los aspectos más específicos, produciéndose una discriminación de elementos (árboles, frutos, semillas), que va complejizándose al incluir aspectos de pertenencia, de continuidad y de identificación – es o no es-, problematizando la simplificación*, hasta llegar el punto que no hay acuerdo entre los escolares.

En la primera secuencia discursiva *Ds1* no se presenta ninguna discrepancia, parece claro que las piedras, las montañas y el agua no son seres vivos. Los escolares están de acuerdo en que el agua no es un ser vivo, lo cual hemos observado que con otros escolares puede generar polémica (niños y niñas de tercero de primaria en la primera

unidad didáctica se llevó al aula en esta misma investigación, y se ha reportado también por algunos autores (Mondelo, García y Martínez, 1998).

Sin embargo en la segunda secuencia *Ds2*, detectamos que se presenta una ligera controversia sobre la madera, que se resuelve de forma sencilla cuando la docente menciona que “es parte de los árboles”. Aún así se abre una segunda controversia cuando una niña menciona las frutas, como parte de la comida, la cual no parece resolverse fácilmente.

Así encontramos en la tercera secuencia discursiva *Ds3* que se discuten aspectos más específicos sobre a si las semillas y las frutas son seres vivos o no. *Esta controversia no se resuelve en la secuencia tres*. Esto lleva a un *movimiento escalar* en la conversación hacia los **mecanismos** en la secuencia *Ds4* como podemos observar en el fragmento siguiente, en el cual una estudiante distingue entre semilla y fruto, introduciendo la “transformación” como elemento de distinción. La semilla se transforma en una planta, por tanto es un ser vivo, en cambio la fruta no se transforma en nada, por tanto no es un ser vivo.

Fragmento Ds4

D2.- sería semblant al que us ha donat l’Tania per plantar? | li has ensenyat a la Tania

No.- sí

D1.- enorme ha crecido || entonces pondríamos los frutos como parte de las cosas que están en la maqueta que no son seres vivos | no verdad?

Na.- == ehh

D1.- **porqué están dentro las semillas y las semillas son seres vivos**

Na.- == **sí | pero las semillas se podría decir que son seres vivos pero sólo si crecen | y los frutos no se puede decir que son seres vivos porque no se transforman en nada | sólo es lo que hay dentro**

Las semillas y frutos: ¿son seres vivos?

Los seres vivos crecen y se transforman

A continuación encontramos una serie de tres secuencias identificadas como de tipo **constricción**. En la secuencia *Ds5*, la docente retoma la idea expresada por una niña sobre que los frutos “no se transforman en nada”, y genera una *pregunta indirecta* para ahondar en la idea de transformación y por tanto en el mecanismo explicativo. Sin embargo, observamos que *la respuesta de la estudiante produce un movimiento escalar, hacia constricciones*, dado que surge la idea de cadena trófica, en la que los frutos son *para* alimentar a otros seres vivos.

Fragmento Ds5

D1.- bueno muy bien | y entonces | **tendrá alguna función el fruto?**

No.- == per

D1.- == a ver Marisol

No.- **és per protegir la llavor i per alimentar als | altres éssers vius**

## 5. Análisis interpretativo de la actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’

¿Función del fruto?

Frutos: protegen la semilla y alimentan otros seres vivos

Respecto a esta secuencia son dos los aspectos que nos interesa resaltar. El primero se refiere a *la forma finalista que algunas veces adoptan las formulaciones de las docentes* en el aula. En este caso observamos en la pregunta “¿tendrá alguna función el fruto?” Sobre el uso de estas formas existen posiciones encontradas. Algunos científicos y educadores ven problemático el uso de formas antropomórficas y teleológicas ya que pueden disuadir a los estudiantes de realizar explicaciones causales y propician un pensamiento en el que las explicaciones son resultado de propósitos e intenciones (los frutos sirven para, el color de las flores es para...), que pueden llevar a los niños a concepciones erróneas.

Sin embargo, otros autores expresan que *las formulaciones teleológicas tienen un valor pedagógico intrínseco* para ayudar a los estudiantes a *organizar los hechos y entender mejor los fenómenos de la naturaleza* y constatan que *no necesariamente generar malentendidos* (Zohar y Ginossar, 1998). Estas formulaciones, mencionan, son especialmente útiles para aprender en niños pequeños. Helldén (2003) ha encontrado que los estudiantes más exitosos utilizan más frecuentemente estas expresiones y lo atribuye a que tienen mayor habilidad con el lenguaje. Este tipo de formulaciones también son utilizadas por los científicos (Watts & Benthley, 1994), y encontramos que actualmente no hay consenso entre biólogos y filósofos respecto a su uso en biología, por ejemplo Margulis y Sagan (1995) abogan a favor de su uso en biología.

Reconocemos sugerente la consideración de Zohar y Ginossar (*op cit.*), sobre que ha de quitarse el tabú sobre el uso de estas formulaciones en el aula, dado su valor pedagógico, ya que pueden ayudar a la comprensión de los fenómenos en edades tempranas, además de conectar dicha comprensión con el uso de estas expresiones en la vida cotidiana.

El segundo aspecto que nos interesa resaltar de la secuencia discursiva *Ds5* se relaciona con las *posibilidades de gestión de la conversación* que quedan abiertas tras la intervención final de la niña en la secuencia *Ds5*. Consideramos que su *respuesta a la pregunta de la docente puede ser considerada desde diferentes escalas de observación*. En este caso clasificamos la secuencia como de tipo **constricción** atendiendo al contenido del discurso que genera, ya que como se verá en las siguientes secuencias, la conversación se sitúa en la escala de observación relacionada con las constricciones.

El anterior es un ejemplo que nos permite imaginar la variedad de caminos que pueden darse en una conversación de aula. Al finalizar la intervención de la niña y ante la frase “és per protegir la llavor i per alimentar als altres éssers vius” (es para proteger a la semilla y para alimentar a otros seres vivos), *se abren posibilidades de*



*gestión de la conversación que pueden ubicarse, en principio, en las tres escalas propuestas en este trabajo: generalizaciones, mecanismos y constricciones.*

Contemplamos que si el docente tiene *una visión escalar del fenómeno puede gestionar la conversación decidiendo concientemente en que escala ubicarse y dando continuidad a la misma.* Como hemos mencionado, las docentes eligen ubicarse en la escala constricciones, dando continuidad a la conversación a este nivel de observación escalar.

En la secuencia siguiente, *Ds6*, que identificamos como de tipo **constricción**, la docente relaciona la excreción en animales y la dispersión de semillas, como observamos en el fragmento siguiente.

Fragmento Ds6

D1.- muchas veces **los seres vivos se comen el fruto y también la semilla y habíamos dicho que al excretar la transportaban a otros lugares**

Los animales al excretar dispersan las semillas

Aquí utiliza la idea aportada por la niña anteriormente y la relaciona con aspectos que se han comentado en otra actividad, esto se evidencia ante el uso de la frase “*habíamos dicho*”. *La docente recurre a significados construidos con antelación:* la ‘excreción’ (transformada en la actividad A) y la dispersión de semillas (actividad B). Así, la docente *integra el hecho de que los animales comen semillas a la reproducción de plantas en la constricción debida a la dispersión de semillas.*

En la secuencia *Ds7* que identificamos como de **constricción** la reflexión se centra en relación a los ciclos de nutrientes, aquí una alumna menciona la descomposición de los frutos y la docente complementa la constricción con la idea de aporte de minerales a la tierra.

Fragmento Ds7

Na.- también sirve para otras cosas

D1.- qué

Na.- **alimentan la tierra**

D1.- cómo alimentan la tierra?

Na.- bueno alimentan no! | es que he oído eso | que | eh | cuando tu vas al bosque y tiras un plátano | si dejas la piel mucho tiempo no pasa nada porque eh | sed | eh

D1.- = = se **descompone**

Na.- sí

D1.- es verdad si nosotros ponemos frutos que son parte de los seres vivos **los frutos se descomponen** | y esos frutos | cuando se descomponen dejan en la tierra **minerales** que después usan las plantas ||

Los frutos se descomponen proporcionan minerales

## 5. Análisis interpretativo de la actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’

Al igual que en la secuencia *Ds6*, la docente *incorpora la observación de la alumna de descomposición en plantas a la nutrición en plantas en su construcción disponibilidad de nutrientes* en la frase: “cuando se descomponen dejan en la tierra minerales que después usan las plantas”. La integración de varias ideas relacionándolas con una categoría superior ‘la reproducción’ o ‘la nutrición’ puede *promover la re-organización de las explicaciones de los escolares*, en este caso en las tres ideas básicas propuestas para interpretar los fenómenos en el modelo ‘ser vivo’. Así la construcción de un modelo permite a los escolares interpretar una variedad de hechos posibles, dándoles unidad y coherencia (Solsona, 1999).

Finalmente termina la actividad D con la secuencia *Ds8* que identificamos como de **generalización tipo simplificación**. En esta se retoma la idea inicial ampliando los factores abióticos que encontramos en la maqueta sin seres vivos. Se introduce: aire, sol, luz, lluvia, agua, carreteras. Al igual que en la primera secuencia que analizamos en esta actividad no surge controversia ya que todos los niños y las niñas están de acuerdo en que éstas son cosas y no son seres vivos.

### Fragmento Ds8

D1.- **que más cosas habría...**

Na.- el **aire**

D1.- toda esta parte esta llena de aire aunque no lo podemos ver | pero ahí esta

No.- el viento

D1.- el viento que es aire en movimiento | verdad?

No.- el **sol**

D1.- el sol que es muy importante

No.- la **luz**

No.- la **lluvia**

...

¿Qué hay en la maqueta antes de poner a los seres vivos?
----------------------------------------------------------

Por último, la docente comenta que una vez hayan montado plantas y animales, harán una segunda observación para ver qué ha cambiado en la maqueta. Así, finaliza la actividad D.

Cabe mencionar que durante el desarrollo de las secuencias que analizamos se pasa de una simplificación en la que se pretende distinguir seres vivos y las cosas que hay en la maqueta que no son seres vivos, a los mecanismos que tienen que ver con la reproducción, este *movimiento escalar* se da al discutirse si las semillas y los frutos son seres vivos o no. Posteriormente se presenta otro *movimiento escalar* hacia constricciones al ubicarse a los frutos como fuente de alimento para animales y a su vez como fuente de minerales al descomponerse en la tierra. Finalmente se da un tercer *movimiento escalar* regresando a la generalización sobre elementos bióticos y abióticos.

*Esta fórmula puede llevar a un desarrollo en espiral de modelo* (ver también actividad A ‘construcción del esquema ser vivo’). Siendo del tipo: se presenta una

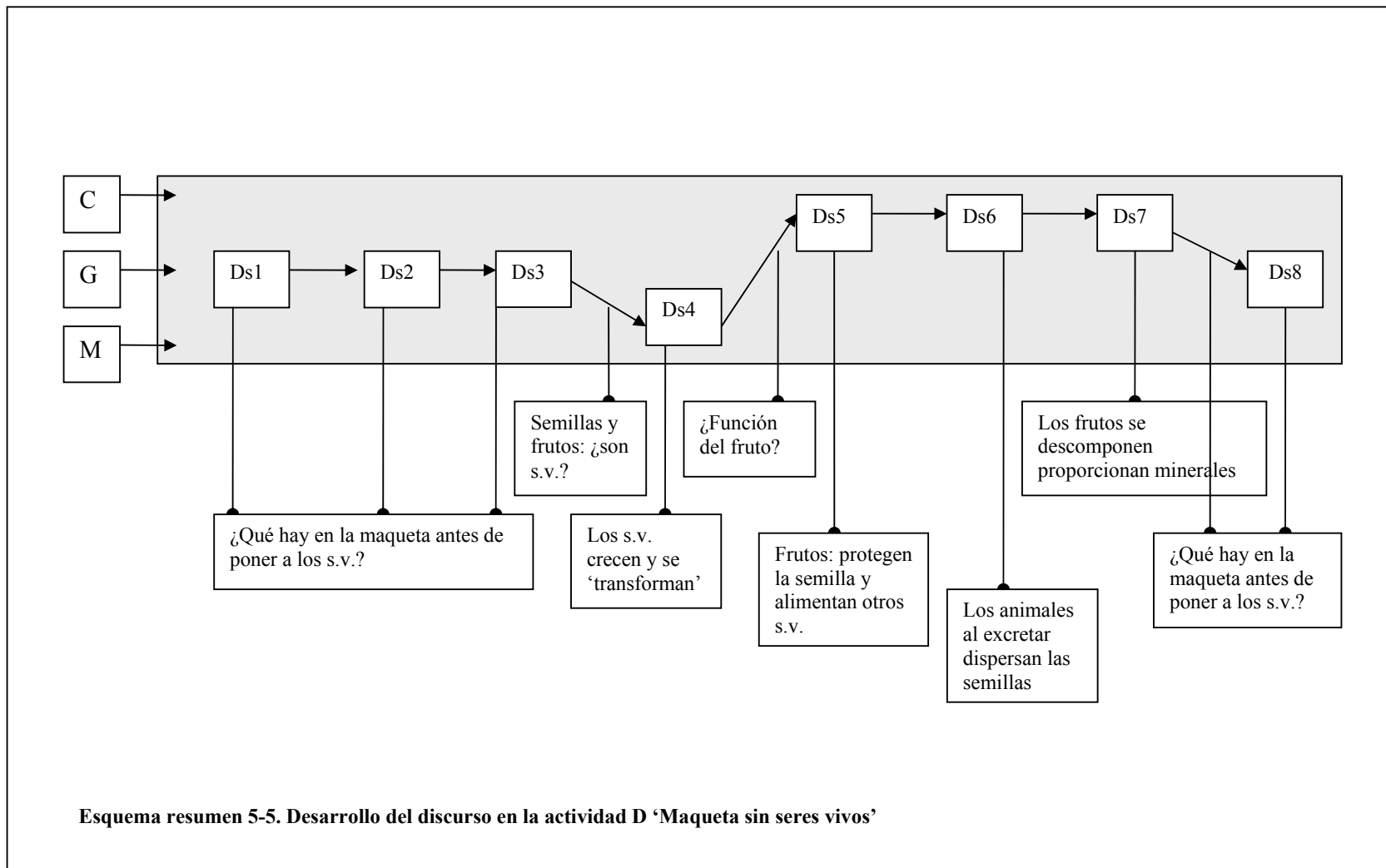
generalización y tras ser tratada a través de mecanismos y/o constricciones se reformula pero cargada de nuevo sentido. *En este caso no sucede así.* Si bien se han generado nuevos significados y la generalización final permite regresar al contexto de la clase y cerrar un ciclo de conversación, la generalización final no recoge el nuevo sentido dado a través de la conversación a nivel mecanismos y constricciones. Aquí encontramos que la generalización es una continuación al mismo nivel que la primera encontrada en el discurso.

Las docentes podrían haber recogido y organizado la información para producir una generalización con mayor significado, esta hubiera debido relacionarse con la diferenciación entre seres vivos y no, incluyendo las semillas como seres vivos. Sería viable incluir una *unificación* con otros seres vivos, podría ser por ejemplo con los huevos de las aves, los cuales se transforman (recogiendo la idea de una de las estudiantes), e incluyendo el carácter de los frutos como parte de los seres vivos, como punto de partida de un nuevo ciclo de vida de los seres vivos.

Vemos que un sistema posible para realizar la nueva generalización cargada de sentido sería realizar algunas secuencias de unificación, quizá la pregunta ¿los huevos de aves serán seres vivos? Otra forma factible puede ser regresar la pregunta inicial, entonces ¿las semillas son seres vivos? Esto llevaría probablemente a situarse en los mecanismos, pero permitiría cerrar la secuencia construyendo una nueva generalización: las semillas y los huevos se transforman en plantas y aves, por ello son seres vivos.

A continuación se presenta el esquema resumen 5-5, que nos permite observar el desarrollo del discurso en esta actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’.

5. Análisis interpretativo de la actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’



### 5.2.1.2. Respeto a quién promueve la explicación

Respecto a las secuencias promovidas en *interacción*, podemos observar en la gráfica 5-4, que éstas son la segunda y octava, ambas las hemos identificado de tipo *generalización*. En estas, como hemos mencionado, la conversación versa sobre los elementos encontrados en la maqueta antes de montar las plantas y los animales. Como observamos en los siguientes fragmentos *los escolares van aportando los elementos* que consideran pueden estar presentes y *las docentes solicitan precisiones o clasifican*.

#### Fragmento Ds2

No.- **madera**

D1.- la madera es **parte de los seres vivos** o no?

Ns.- si

D1.- si? parte de los árboles

Na.- **comida**

D1.- **como qué comida?**

Na.- fruta

#### Fragmento Ds8

No.- la **lluvia**

D1.- la lluvia **qué es?**

Na.- == **agua**

D1.- == agua que cae en forma de lluvia

Na.- == las **nubes**

No.- ((???)

D1.- == a ver volvamos al sistema de levantar las manos | las **nubes qué son?**

Ns.- **vapor**

D1.- == a ver | **es agua**

Respecto a las cinco secuencias promovidas por los *alumnos/as*, estas son la primera *Ds1*, tercera *Ds3*, cuarta *Ds4*, quinta *Ds5* y séptima *Ds7*.

En la secuencia *Ds1* los escolares van enumerando los factores abióticos presentes. En la secuencia *Ds3*, como mencionamos en la sección anterior, se genera la controversia respecto a si los frutos y semillas son seres vivos. Dicha controversia es planteada por los escolares y en el fragmento siguiente podemos observar cómo sus aportaciones individuales son significativas.

#### Fragmento Ds1

No.- == **tierra**

..

Na.- **pedras**

Na.- **montañas**

No.- **rocas**

D1.- rocas [escribe en el pizarrón] | estamos haciendo el ejercicio imaginario de qué hay cuando no tenemos seres vivos [dirigiéndose a Carme que acaba de entrar]

No.- **agua**

## 5. Análisis interpretativo de la actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’

D1.- qué más

### Fragmento Ds3

No.- sí **les llavors**

Na.- == **no pero**

Na.- == **sí si las entierras**

No.- **sí perquè** son parts dels arbres és el seu fruit | si cauen a terra torna a creixer de nou  
un altre pi || i és un

Na.- == **pero eso no es un fruto**

En la secuencia *Ds4* la aportación significativa la realiza una niña cuando menciona la transformación como criterio para la diferenciación entre vivo – no vivo.

### Fragmento Ds4

Na.- == sí | pero **las semillas se podría decir que son seres vivos pero sólo si crecen | y los frutos no se puede decir que son seres vivos porque no se transforman en nada | sólo es lo que hay dentro**

En la secuencia *Ds5*, nuevamente una alumna aporta la información significativa, aunque lo realiza como respuesta a una pregunta de la docente.

### Fragmento Ds5

Na.- **és per protegir la llavor i per alimentar als | altres éssers vius**

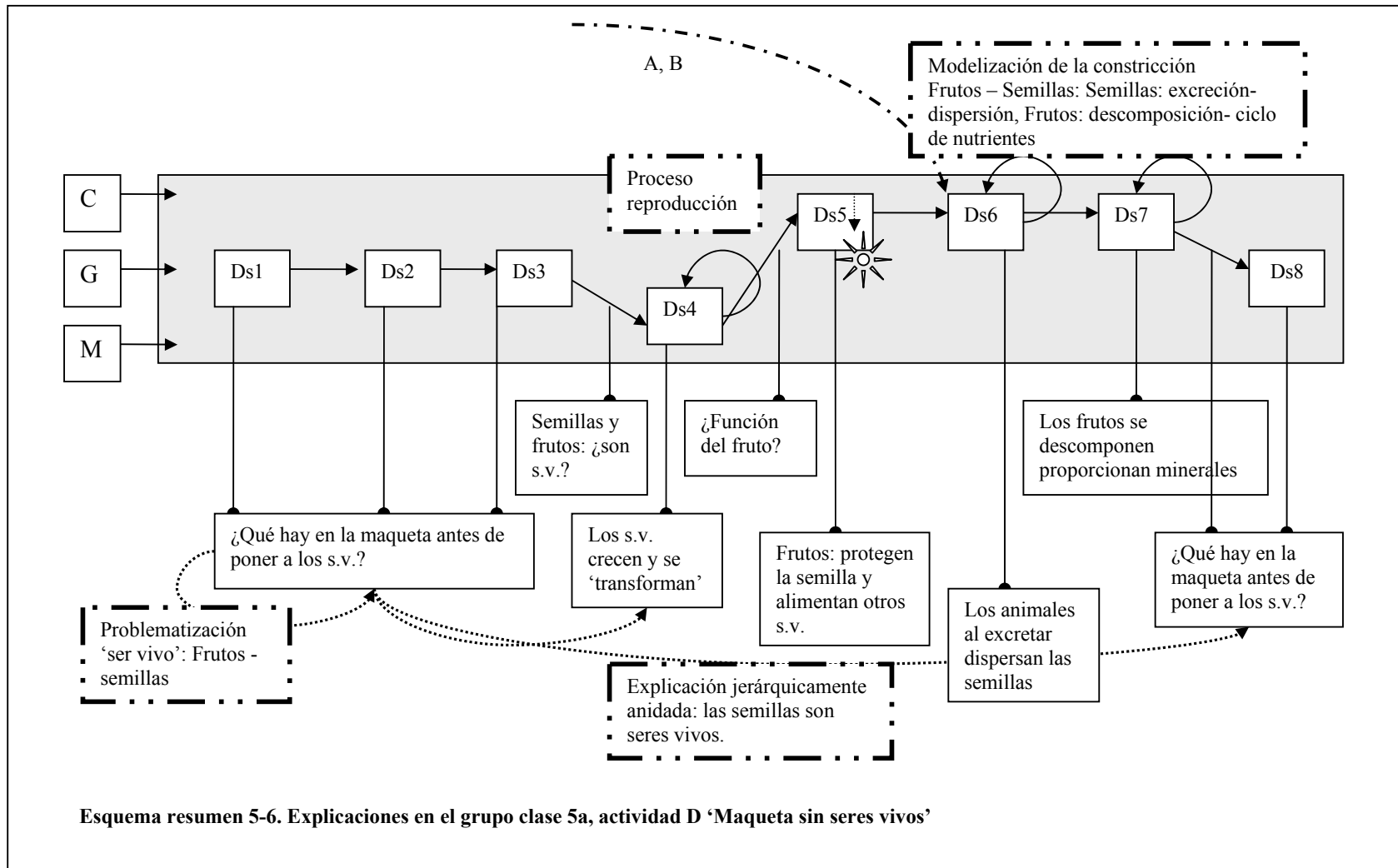
La secuencia *Ds6*, es la única de esta actividad en la cual la explicación es promovida por la **docente**. Como ya mencionamos en el apartado de explicaciones, ella retoma ideas expresadas por una niña y las complementa para generar una construcción.

En la secuencia *Ds7* la explicación es promovida por los **alumnos/as**, ya que es nuevamente una alumna la que genera la observación de que los frutos también sirven “para alimentarla tierra”.

Tanto en la secuencia *Ds5* como en la *Ds6* las docentes van siguiendo el argumento de los escolares al mismo tiempo que guían la conversación a través de preguntas y complementan la información.

### **5.2.1.3. Síntesis de las explicaciones: La problematización de lo que es ‘ser vivo’, el caso de las frutas y las semillas.**

A continuación sintetizamos el análisis de las explicaciones. Presentamos el esquema resumen 5-6, las secuencias *Ds1*, *Ds2*, *Ds3* y *Ds8* las identificamos como de tipo **generalización**, la secuencia discursiva *Ds4* como de tipo **mecanismos** y las secuencias discursivas *Ds5*, *Ds6* y *Ds7* como de tipo **constricciones**.



## 5. Análisis interpretativo de la actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’

Haciendo una síntesis de lo interpretado en las explicaciones para la actividad D, podemos decir lo siguiente:

1. Constatamos nuevamente **dos formas de construcción de nuevos significados en el modelo de ‘ser vivo’**: al interior de una secuencia discursiva o entre secuencias discursivas.
  - 1.1. **Respecto a los nuevos significados del modelo se produce dentro de una misma secuencia discursiva.** Pueden verse en el esquema resumen 5-6 representados con flechas curvas continuas.
    - 1.2. En la secuencia *Ds4* (tipo mecanismo) **se da significado a lo que es ‘ser vivo’ relacionándolo al proceso de reproducción**, específicamente respecto a que los seres vivos **crecen y se producen transformaciones**.
    - 1.3. En las secuencias *Ds6* y *Ds7* (tipo constricción) identificamos dos constrictiones: en la primera se relaciona la excreción de animales con la dispersión de semillas y ésta con la reproducción de plantas y en la segunda se relaciona la descomposición de frutos con el aporte de nutrientes y éste con la nutrición en plantas. Así, **se modeliza la constricción al identificar la dispersión de semilla y la descomposición de frutos** (un evento posible en el bosque) **como limitantes de las funciones nutrición y reproducción de los seres vivos**. Las docentes establecen la relación entre las constrictiones y las funciones del modelo, para ello retoman significados construidos en actividades anteriores (representado en el esquema resumen con flecha curva de punto y línea).
2. Respecto a la **construcción de nuevos significados del modelo se produce entre secuencias discursivas** (Pueden verse en el esquema resumen 5-6 representadas con flechas curvas punteadas).
  - 2.1. Observamos dos tipos: las producidas entre secuencias del mismo nivel escalar – en este caso generalizaciones- y las que se producen entre secuencias de diferente nivel escalar - generalización, mecanismo y constrictión-.
    - 2.1.1. Entre las secuencias del mismo nivel escalar. En las secuencias de generalización tipo simplificación se identifican elementos abióticos, **posteriormente la generalización se problematiza llegando los escolares a una controversia** sobre lo qué es un ser vivo, **centrada en las frutas y las semillas**.



- 2.1.2. Entre secuencias de diferente nivel escalar. **Para superar la controversia es necesario recurrir a los mecanismos explicativos relacionados con la reproducción.** Igualmente las semillas y frutas se relacionan con **las constricciones.** Se genera así una **explicación jerárquicamente anidada** en la que se relacionan observaciones a diferente nivel escalar **que permite dar un nuevo significado a la idea de semilla como ser vivo.**
- 2.1.3. Reconocemos que son **los escolares quienes generan la controversia y quienes aportan la idea de transformación necesaria para superarla.** Para ello se avanza en la conversación hacia la discriminación y diferenciación de elementos (árboles, frutos, semillas), que se complejiza al incluir relaciones de pertenencia o no y de continuidad.
- 2.1.4. Por otra parte, **las docentes cumplen el papel de solicitar precisiones,** generalmente a través de preguntas; clasifican y aportan elementos para matizar y profundizar en la controversia.
3. Identificamos **tres movimientos escalares, que llevaron a la profundización en los mecanismos explicativos y la determinación de constricciones.** Pueden verse en el esquema resumen 5-6 representados con flechas rectas continuas que ascienden o descienden.
  - 3.1. El movimiento **hacia mecanismos explicativos se produce como resultado de la controversia** sobre si las semillas y frutas son seres vivos. Así, para justificar sus posturas los escolares recurren a las ideas del modelo.
  - 3.2. El movimiento **hacia las constricciones** se produce **como resultado de una pregunta indirecta** de la docente sobre la función de los frutos (representada en el esquema como una flecha punteada en el interior de una casilla de secuencia discursiva). Identificamos que las preguntas de las docentes en ocasiones toman formas teleológicas, se discute su pertinencia dado su valor pedagógico.
  - 3.3. El tercer movimiento **hacia generalizaciones** se produce para cerrar la actividad **retomando la idea inicial** de generalización **sobre lo que hay en la maqueta que no son seres vivos.**
4. Respecto a la gestión de la conversación en una secuencia de constricción se ha identificado **la posibilidad de gestionar la conversación por parte de las docentes desde diferentes niveles escalares.** Se representa en el esquema resumen 5-6 con una pequeña estrella. Constatamos que las docentes eligen gestionar la conversación hacia las constricciones y que los estudiantes siguen el



### 5.2.2.1. Las evidencias

Encontramos que las dos primeras secuencias *Ds1* y *Ds2*, se apoyan en la **maqueta** como evidencia. La conversación versa sobre qué cosas puede haber en la maqueta antes de montar los seres vivos. Como observamos en el fragmento siguiente las referencias se hacen tomando como punto de partida la maqueta, a partir de la cual los niños y las niñas crean un contexto amplio que les permite evocar sus experiencias de vida, compartiéndolas bajo este referente común. *En este sentido la maqueta puede considerarse un mediador para la construcción colectiva de significados ya que plantea un contexto común desde el cual discutir.*

La base de la maqueta (fotografía 5-2) que se presenta a los escolares tiene un fondo que simula las montañas de Montserrat que muchos ya conocían, y está pintada de verde. Esto pudo generar los comentarios sobre la madera, la comida, los frutos y las semillas en las secuencias mencionadas. A primera vista la forma como esta diseñada la base parece una desventaja de la maqueta, sin embargo, finalmente resulta una ventaja ya que permite generar la discusión sobre si los frutos o las semillas son seres vivos y así imaginar ‘cosas’ que puede haber y que permiten establecer criterios para diferenciar entre seres vivos y objetos.

#### Fragmento Ds1

D1.- ... pero ustedes **qué es lo que se imaginan | tenemos cosas que sí hay | qué?**

No.- = = **tierra**

#### Fragmento Ds2

D2.- ... **es recordeu les montanyas de Montserrat** | les roques de Montserrat?

No.- si **yo he visc** en Montserrat

D1.- **qué más hay**

No.- fábricas

La base de la maqueta se encontraba colocada en la parte frontal del aula, de manera que era visible para todos los escolares. Podemos observar que en la conversación los elementos mencionados por los escolares se expresan como si fueran reales. Las formas “¿qué más hay?” o “no lo podemos ver, pero ahí está”, utilizadas por la docente apoyan esta forma de considerarlas. Las formas de hablar marcan relaciones espaciales entre los elementos apoyados de gestos y movimientos de las docentes, tal como encontró Márquez (2002), para la enseñanza del ciclo el agua. Esta autora denomina ‘gestión de la representación’ a este tipo de gestos y les distingue de otros, por ejemplo los dirigidos a la gestión del aula como por ejemplo turnos de palabra, o disciplina. En este caso, la forma de hablar estaba apoyada de diversos gestos de la maestra y podemos considerarlos como apoyo para la gestión de la representación sobre factores abióticos presentes en la maqueta.

En la secuencia *Ds3* la evidencia es de tipo **otras fuentes** en la que los escolares recurren a sus *experiencias antecedentes*, dado que la conversación se ha centrado en la controversia sobre si los frutos y semillas son seres vivos.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’

### Fragmento Ds3

Na.- == **sí sí las entierras**

No.- sí perquè **son parts dels arbres és el seu fruit | si cauen a terra torna a creixer de nou** un altre pi || i és un

Na.- == pero eso no es un fruto

D1.- cuál fruto no es sería un ser vivo

D2.- **has menjat pomes?**

Ns.- sí

D2.- **i a dins què hi ha?**

No.- **la semilla**

En la secuencia *Ds4* la evidencia proviene de la **observación** directa relacionada con una planta que un escolar ha llevado al aula<sup>1</sup>. Esta observación de la docente apoya el argumento de la niña que menciona el crecimiento y la transformación como características de los seres vivos y que permitiría distinguirlos de lo que ‘no esta vivo’.

### Fragmento Ds4

D2.- **seria semblant al que us ha donat l’Tania per plantar? | li has ensenyat a la Tania**

No.- sí

D1.- **enorme ha crescido** || entonces pondríamos los frutos como parte de las cosas que están en la maqueta que no son seres vivos | no verdad?

Na.- == ehh

D1.- porqué están dentro las semillas y las semillas son seres vivos

Na.- == sí | **pero las semillas se podría decir que son seres vivos pero sólo si crecen | y**

**los frutos** no se puede decir que son seres vivos porque **no se transforman en nada** | sólo es lo que hay dentro

La secuencia *Ds5* es la única secuencia **sin evidencia** alguna, siendo un discurso general sobre la importancia del fruto.

En la secuencia *Ds6* se presenta una evidencia tipo **otras fuentes**. En este caso la evidencia es por autoridad, dado que la docente recurre a los *conocimientos que da por hechos* tienen los escolares respecto a que algunos seres vivos se alimentan de semillas y las excretan después, expresando “*como habíamos dicho*” y dando así un sentido de evidencia.

### Fragmento Ds6

D1.- ... habíamos dicho que **al excretar** la transportaban a otros lugares

En la secuencia *Ds7* la evidencia es por **otras fuentes**, en la que una de las alumnas recurre a sus *experiencias antecedentes*, mencionando la fuente de experiencia “he

---

<sup>1</sup> La planta proviene de semillas que las docentes han dado a los escolares para que pongan a germinar. La observación y comparación de las plantas es una actividad planeada para realizarse posteriormente (actividad J), pero el niño se ha adelantado trayendo su planta al aula, ya que ésta ha crecido y quiere mostrarla a las docentes y a la clase. Así es como encontramos dicha planta en el salón de clases.

oído” y llamando la atención sobre una vivencia relacionada con la descomposición de la materia orgánica. La niña sitúa la observación en el bosque adecuando su experiencia al contexto de la conversación, generado a su vez por la maqueta como referente.

Fragmento Ds7

Na.- ... **es que he oído eso**, que, eh, **cuando tu vas al bosque y tiras un plátano**, si dejas la piel mucho tiempo no pasa nada porque eh, se d, eh/

La actividad D termina con una secuencia (Ds8) que hace nuevamente referencia a la **maqueta**. Se retoma la idea inicial de factores abióticos para cerrar la conversación volviendo a qué cosas hay en la maqueta antes de colocar a los seres vivos. Pensamos que seguramente los gestos ayudan a materializar los elementos mencionados.

Fragmento Ds8

Na.- el aire

D1.- **toda esta parte esta llena de aire aunque no lo podemos ver | pero ahí esta**

### **5.2.2.2. Respecto a quien promueve la evidencia**

En las secuencias Ds1, Ds2 y Ds8 la evidencia es promovida en **interacción**. Estas secuencias coinciden con aquellas en las que la maqueta es la fuente de evidencias. Esto refuerza la idea de que *la maqueta se convierte en un intermediario para la generación colectiva de significados, ya que es ‘accesible’ a todos* creando un contexto compartido en el que, en este caso, se producen *evidencias en interacción*. Como hemos mencionado, los escolares aportan los elementos que consideran que están presentes en la maqueta, mientras las docentes refuerzan la fuente de evidencias con sus gestos y la forma en que se refieren a ellos como algo presente. Así, se comparte este contexto para la discusión. Es un *juego de imaginación* que se da a partir de la maqueta y en el que los escolares y las docentes participan.

En las secuencias Ds3 y Ds9 la evidencia es proporcionada por los **alumnos**. En el primer caso sus experiencias antecedentes son significativas ya que les permiten sustentar sus puntos de vista ante la controversia sobre si los frutos y las semillas son seres vivos. En el segundo caso, la experiencia de una escolar también es significativa para llevar la conversación a las constricciones relacionadas con aportes de nutrientes.

Por último tenemos que en las secuencias Ds4 y Ds6 la evidencia es aportada por las **docentes**. En la secuencia Ds4 llaman la atención sobre la planta que un escolar ha traído al aula y que apoya la argumentación sobre la semilla como ser vivo, y en la

## 5. Análisis interpretativo de la actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’

secuencia *Ds6* la autoridad de las docentes es la fuente de evidencias respecto a la dispersión de semillas relacionada con la excreción de animales.

Podemos decir *la actividad tiene una naturaleza argumentativa*, dado que ante la pregunta ¿qué hay en la maqueta antes de colocar a los seres vivos? básicamente se abre una controversia sobre lo que significa ‘ser vivo’, indispensable para poder definir lo que no son seres vivos. Los diferentes actores tienen que convencer de sus puntos de vista, por lo que se hace uso de diferentes evidencias para reforzar los puntos de vista.

Llama la atención en esta actividad la forma como se van aportando las evidencias por las docentes y los escolares. Encontramos que las que provienen de la *maqueta* son básicamente generadas en interacción, las de *experiencias antecedentes* por los escolares y las de *observación* y por *autoridad* por las docentes. Igualmente, las evidencias por *maqueta*, tal como hemos mencionado, abren y cierran la actividad, mientras durante la controversia y la generación de las dos constricciones<sup>2</sup> se utilizan diversos tipos de evidencias. Esto permite ver la *diversidad de recursos que se utilizan durante la conversación, que puede ser producto de una flexibilidad respecto al aporte de evidencias*.

Esto es relevante en dos sentidos: desde una visión de ciencia como actividad que incluye la retórica y en segundo la argumentación desde la construcción de significados por parte de los escolares.

En el primer caso hemos de considerar que desde una postura positivista de la construcción de conocimientos científicos se considera que las evidencias que respaldan las afirmaciones científicas han de ser a partir de observaciones derivadas de la experimentación. Sin embargo, actualmente se acepta que la ciencia tiene un componente retórico en el cual los científicos utilizan diversidad de evidencias para convencer a sus colaboradores (Achinstein, 1989). En la ciencia escolar, para la actividad aquí analizada, observamos que las docentes aceptan diversidad de tipos de evidencia. También es importante aclarar que las evidencias por experiencias antecedentes de los escolares tienen sentido dentro del modelo que se construye, o mejor dicho se les asigna un sentido dentro del modelo.

En el segundo caso, se ha reportado la necesidad de los niños y las niñas de recurrir a sus experiencias antecedentes para dar significado al discurso científico escolar. Edwards y Mercer (1988) y Candela (1990) proponen que para aprender ciencias no basta con la experiencia perceptiva (en nuestro estudio sería la evidencia por observación), sino que se requieren diversas formas de reconstrucción, por lo que los escolares incorporan también sus experiencias antecedentes. Cabe mencionar que Edwards y Mercer, llaman la atención sobre la poca frecuencia en la que son incorporadas experiencias extraescolares en los discursos en clase. En esta actividad

---

<sup>2</sup> Una construcción sobre aporte de nutrientes en la descomposición de frutos y otra sobre dispersión de semillas por excreción de animales (puede verse apartado de explicaciones en esta misma actividad).

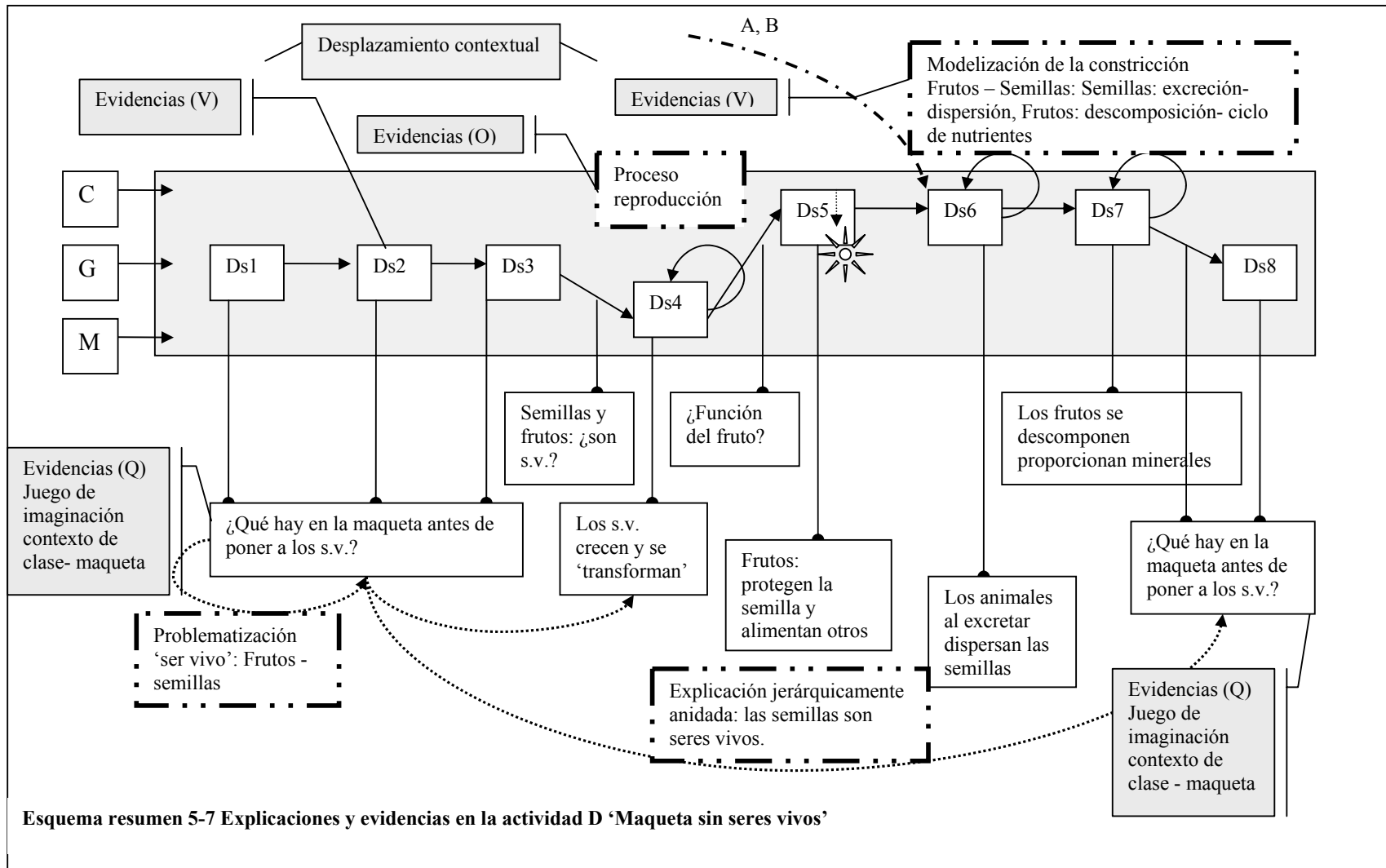
observamos que la flexibilidad mencionada permite a los escolares incorporar este tipo de experiencias. Estos autores denominan “*desplazamiento del contexto*” a esta forma de incluir experiencias generadas fuera de la escuela al discurso en el aula.

En este caso podemos decir que *en las secuencias centrales* de esta actividad en las que se produce la controversia de la semilla, *se produce un desplazamiento del contexto. Como se mencionó, la maqueta permite retornar al contexto de clase y cerrar la conversación, mientras la flexibilidad de la conversación permite que se de dicho desplazamiento.*

De esta forma, la flexibilidad en el discurso al aceptar diversas fuentes de evidencias, permite a los escolares realizar una reconstrucción del discurso científico para darle un significado para ellos/ellas, a la vez que contempla una visión de la ciencia como actividad, en la que es posible la argumentación y la discusión de lo que es considerado válido.

### ***5.2.2.3. Síntesis de las evidencias: El juego de imaginación a partir de la maqueta***

Para visualizar los momentos en que se presentan evidencias y los procesos de construcción del modelo que apoyan, así como la función de la maqueta en dicha modelización, hemos complementado el esquema  $x$ , situando las evidencias y generando el esquema  $x+1$ . Presentamos las evidencias en recuadros de tipo ‘llamada’ usando una línea continua y un sombreado gris que nos permite identificarlas como elementos nuevos que se han agregado con respecto al esquema  $x$  ya presentado en explicaciones.





En síntesis sobre las evidencias de la actividad D, podemos decir lo siguiente:

1. Respecto a la **maqueta como evidencia**:
  - 1.1. Apoya la generación de un **juego de imaginación estimulado por las formas en que se habla de los elementos** que los escolares consideran presentes en la maqueta, **así como por los movimientos corporales** de las docentes que apoyan las relaciones espaciales y contribuyen a ‘materializar’ los elementos imaginados por los escolares.
  - 1.2. La maqueta **permite generar un escenario común** a la clase, desde el cual se parte **para argumentar sobre lo que significa ‘ser vivo’**. **Esto permite considerarla como un mediador para la construcción colectiva de significados**.
  - 1.3. Resulta un elemento que da **un hilo conductor a la actividad**. Permite abrir la conversación, generando el **contexto común y compartido** para la discusión. Posteriormente la flexibilidad en el aporte de evidencias permite que se produzca un **‘desplazamiento contextual’** al incorporar ‘experiencias antecedentes de los escolares’ y se produce la controversia sobre los frutos y las semillas. Finalmente la maqueta permite **retornar al contexto común de clase** para cerrar la conversación, **dando coherencia al ciclo de conversación**.
2. Respecto a la **construcción de nuevos significados** del modelo ser vivo en sus dos vertientes: al interior y entre secuencias discursivas, encontramos que se utilizan diferentes fuentes de evidencias:
  - 2.1. Al interior de las secuencias discursivas de tipo construcción. **Las constricciones son apoyadas por evidencias de tipo experiencias antecedentes** - para la generación de la construcción de aporte de nutrientes- **y por autoridad** – para la dispersión de semillas por excreción de animales-. La primera es proporcionada por una niña y la segunda por las docentes.
  - 2.2. Entre secuencias discursivas.
    - 2.2.1. **Se utilizan diferentes tipos de evidencia**, algunas de forma complementaria, para la generación de nuevos significados y apoyar la explicación jerárquicamente anidada sobre las semillas como seres vivos. Al tratarse de una controversia, y dado **el carácter argumentativo de la actividad**, las evidencias se utilizan para reforzar y convencer sobre los diferentes puntos de vista. Se pone de manifiesto una flexibilidad en la utilización de evidencias, a las cuales se da sentido dentro del modelo ser vivo que se construye.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’

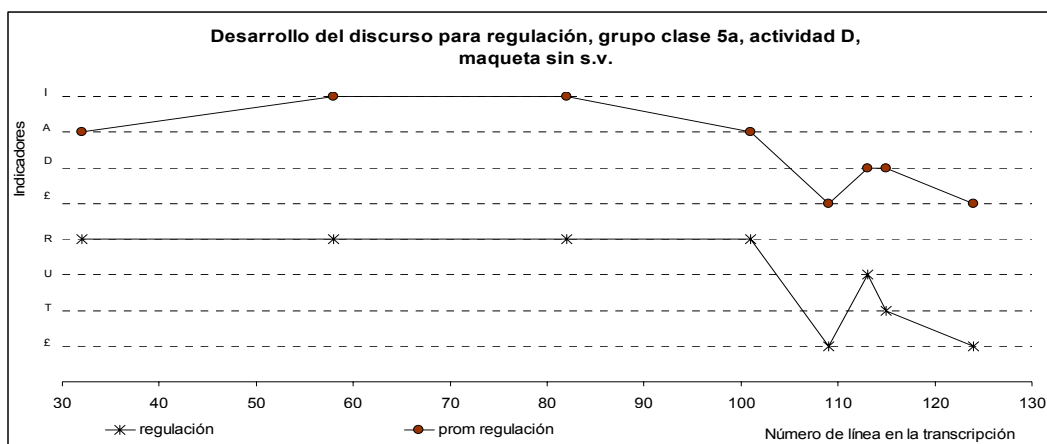
2.2.2. Como mencionamos **las evidencias de maqueta proporcionan el contexto común de argumentación y permiten la generación de la controversia** al plantearse una complejidad al construir la generalización sobre lo que hay en la maqueta que es un ‘ser vivo’ y lo que ‘no es un ser vivo’. Esto permite llegar a la explicación jerárquicamente anidada sobre las semillas como seres vivos.

2.2.3. Se presentan evidencias de **experiencias antecedentes**, que los escolares **utilizan para justificar sus puntos de vista y posiciones en la controversia** surgida.

2.2.4. Las docentes aportan una evidencia **por observación** de una planta germinada, **que apoya la idea de transformación y crecimiento como parte de en el proceso de reproducción** y como característica de los seres vivos apoyando la argumentación de una escolar.

### 5.2.3. Análisis de la regulación

A continuación presentamos el análisis de los indicadores relacionados con la regulación para la actividad D. Partiendo de los resultados de la segunda etapa del análisis construimos la gráfica 5-6, en el eje de las ordenadas: **sin regulación** (£), **transformación** (T), **uso** (U), **regulación** (R), **docente** (D), **alumnos** (A) e **interacción** (I). En el eje de las abscisas el número de línea en la transcripción.



Gráfica 5-6. Distribución en el tiempo de la regulación y quién la promueve, en el grupo clase 5a, actividad D ‘maqueta sin seres vivos’.

### 5.2.3.1. La regulación

En la secuencia *Ds1* identificamos **regulación** del lenguaje. En esta se regula la forma de referirse a un elemento: las rocas. Como podemos observar en el fragmento, los escolares van nombrando palabras y probablemente por asociación, van enunciando, llegando a la denominación más correcta por general.

#### Fragmento Ds1

No.- = tierra

D1.- esto que Francisco ha pintado de color verde está simulando las hierbas ya que pongamos nuestros seres vivos

Na.- **pedras**

Na.- **montañas**

No.- **rocas**

D1.- rocas [escribe en el pizarrón] ...

En las secuencias *Ds2*, *Ds3* y *Ds4* identificamos **regulación** de la idea ‘ser vivo’. Se presenta la controversia que describimos en la sección de explicaciones sobre los elementos que pueden ser considerados seres vivos. En un principio la regulación se centra en si el elemento mencionado forma parte de los seres vivos, tal como menciona un niño. En este caso rápidamente se acepta que no es adecuada la afirmación del niño.

#### Fragmento Ds2

No.- **madera**

D1.- **la madera es parte de los seres vivos o no?**

Ns.- si

D1.- si? parte de los árboles

Sin embargo, la regulación respecto a qué es un ser vivo es más compleja, como observamos en las siguientes secuencias, especialmente cuando se habla de las semillas y los frutos. Así, la **regulación** se extiende a las secuencias *Ds3* y *Ds4*, en las que finalmente una estudiante proporciona el elemento que genera un criterio para definir si esta vivo o no el elemento mencionado.

#### Fragmento Ds4

Na.- = sí | **pero las semillas se podría decir que son seres vivos pero sólo si crecen | y los frutos no se puede decir que son seres vivos porque no se transforman en nada | sólo es lo que hay dentro**

Identificamos que en la secuencia *Ds5* no había regulación (**sin regulación**). En la secuencia *Ds6*, encontramos **uso** de una idea regulada con antelación en la actividad A, la ‘excreción’.

En la secuencia *Ds7* **regulación** la palabra ‘descompone’. Aquí, la docente pide a la alumna que amplíe su idea de que los frutos “alimentan la tierra”, y dado que la niña

## 5. Análisis interpretativo de la actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’

desconoce la palabra o no la recuerda la docente introduce vocabulario que, en este caso, ya tiene un significado para la escolar puesto que ella ha realizado la descripción del proceso.

### Fragmento Ds7

Na.- ((los frutos)) alimentan la tierra

D1.- cómo alimentan la tierra?

Miriam.- bueno alimentan no! | es que he oído eso | que | eh | **cuando tu vas al bosque y tiras un plátano | si dejas la piel mucho tiempo no pasa nada porque eh | sed | eh**

D1.- = = se **descompone**

Na.- sí

D1.- es verdad si nosotros ponemos frutos que son parte de los seres vivos los frutos se descomponen | y esos frutos | **cuando se descomponen dejan en la tierra minerales que después usan las plantas** ||

En la secuencia *Ds8* es *sin regulación* ya que no encontramos actividad relacionada con la regulación.

### **5.2.3.2. Respecto a quién promueve la regulación**

En la secuencia *Ds1* la regulación del lenguaje es generada por lo propios *alumnos* que van derivando sus expresiones hacia la forma más correcta, que la docente recoge.

### Fragmento Ds1

No.- = = **tierra**

D1.- esto que Francisco ha pintado de color verde está simulando las hierbas ya que pongamos nuestros seres vivos

Na.- **pedras**

Na.- **montañas**

No.- **rocas**

D1.- **rocas [escribe en el pizarrón]**

En las secuencias *Ds2* y *Ds3* la regulación es promovida en *interacción*. Al observar la interacción docente – alumnos/as podemos identificar que por una parte el criterio de parte o pertenencia ‘la madera es parte del árbol’ es utilizado también por un niño en ‘la fruta es parte de los árboles’. Por otro lado en la controversia que se agudiza en la secuencia *Ds3* las docentes aportan elementos de criterio (“¿cuál fruto no sería un ser vivo?, ¿dentro que hay [la semilla]?”) que no so suficientes a los escolares, quienes no llegan a un acuerdo.

### Fragmento Ds2

No.- madera

D1.- **la madera es parte de los seres vivos o no?**

Ns.- si

D1.- si? parte de los árboles

Na.- comida

D1.- como qué comida?  
Na.- fruta  
No.- pero <...> **es parte de los árboles**  
Na.- la montaña también

Fragmento Ds3

Na.- = = **pero eso no es un fruto**  
D1.- **cuál fruto no es sería un ser vivo**  
D2.- **has menjat pomes?**  
Ns.- sí  
D2.- **i a dins què hi ha?**  
No.- la semilla  
D2.- la llavor! I es un ésser viu o no? | **podria anomenar-se un ésser viu**

Observamos que las docentes van negociando los significados con los escolares, llamando la atención al hecho de que al interior de las frutas están las semillas. Sin embargo la negociación continua, ya que no se ha llegado a un acuerdo. Las docentes generalmente guían la conversación debido, quizá, a que tienen como finalidad la construcción conjunta de las ideas básicas del modelo, por lo que sus intereses son muy específicos. Ellas generan una ‘*flecha de dirección*’, es decir *gestionan el discurso para avanzar hacia una dirección determinada*. Consideramos que esto es adecuado e inclusive necesario, sin embargo, observamos que las docentes tienen la apertura para seguir el discurso de los alumnos, lo cual permite que se generen contextos argumentativos, que aunque dirigidos por la docente, se producen en interacción, tal como propone Candela (1996).

El análisis indica que las ideas alternativas<sup>3</sup> de los estudiantes contribuyen significativamente a la construcción del contexto argumentativo (de la misma forma que lo concibe Candela, *op. cit.*). *Tal parece que ha de darse una confluencia entre la flecha de dirección del docente y las ideas alternativas de los escolares para la construcción colectiva de significados.*

Las formas de expresión utilizadas por los actores (docentes y escolares) nos indican que existe esta intencionalidad por parte de las docentes y que en el aula los escolares tienen un espacio de expresión que es producto de la historia de la dinámica de las interacciones, es decir que se ha generado más allá del contexto de las actividades aquí analizadas. Sin embargo, podemos observar que *la divergencia de opiniones parece potenciarse ante el uso de preguntas abiertas y condicionales.*

Algunos ejemplos son: “¿qué les parece?”, “¿lo hacemos así?”, “pero ...”. En este caso, llama la atención que las palabras condicionales son usadas por los escolares, lo que indica su grado de participación en la controversia y en la regulación de las ideas. Algunas de estas formas se presentan en los siguientes fragmentos, tomados de diferentes secuencias.

---

<sup>3</sup> En el sentido de ideas aportadas desde diferentes experiencias, y no en el sentido de ideas erróneas o inadecuadas.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’

### Fragmento Ds2

((La docente 2 explica el significado de una palabra en catalán a la docente 1, para ello solicita de manera indirecta el apoyo de los escolares))

D2.- o rocas depende del contexto | **ay que sí?**

D1.- **como qué comida?**

Na.- fruta

No.- **pero** <...> es parte de los árboles

### Fragmento Ds3

D1.- **qué opinan** | ponemos la fruta ahí?

Ns.- = sí =

Ns.- = no =

### Fragmento Ds3

D1.- **no son?**

No.- sí les llavors

Na.- = = **no pero**

Na.- = = sí si las entierres

No.- sí perquè

### Fragmento Ds4

D1.- porqué están dentro las semillas y las semillas son seres vivos

Na.- = = **sí | pero** las semillas

Finalmente las secuencias *Ds6* y *Ds7* la regulación es promovida por las *docente*, mientras en la *Ds5* y *Ds8* no hay regulación.

### **5.2.3.3. En síntesis de la regulación: La confluencia de la flecha de dirección de las docentes y las ideas alternativas de los escolares**

Tomando en cuenta los apartados anteriores construimos el esquema resumen 5-8. En éste presentamos las interpretaciones realizadas respecto a la regulación en recuadros tipo ‘llamada’ con línea punteada y con fondo color verde claro. En síntesis sobre la regulación en la actividad D, podemos decir:

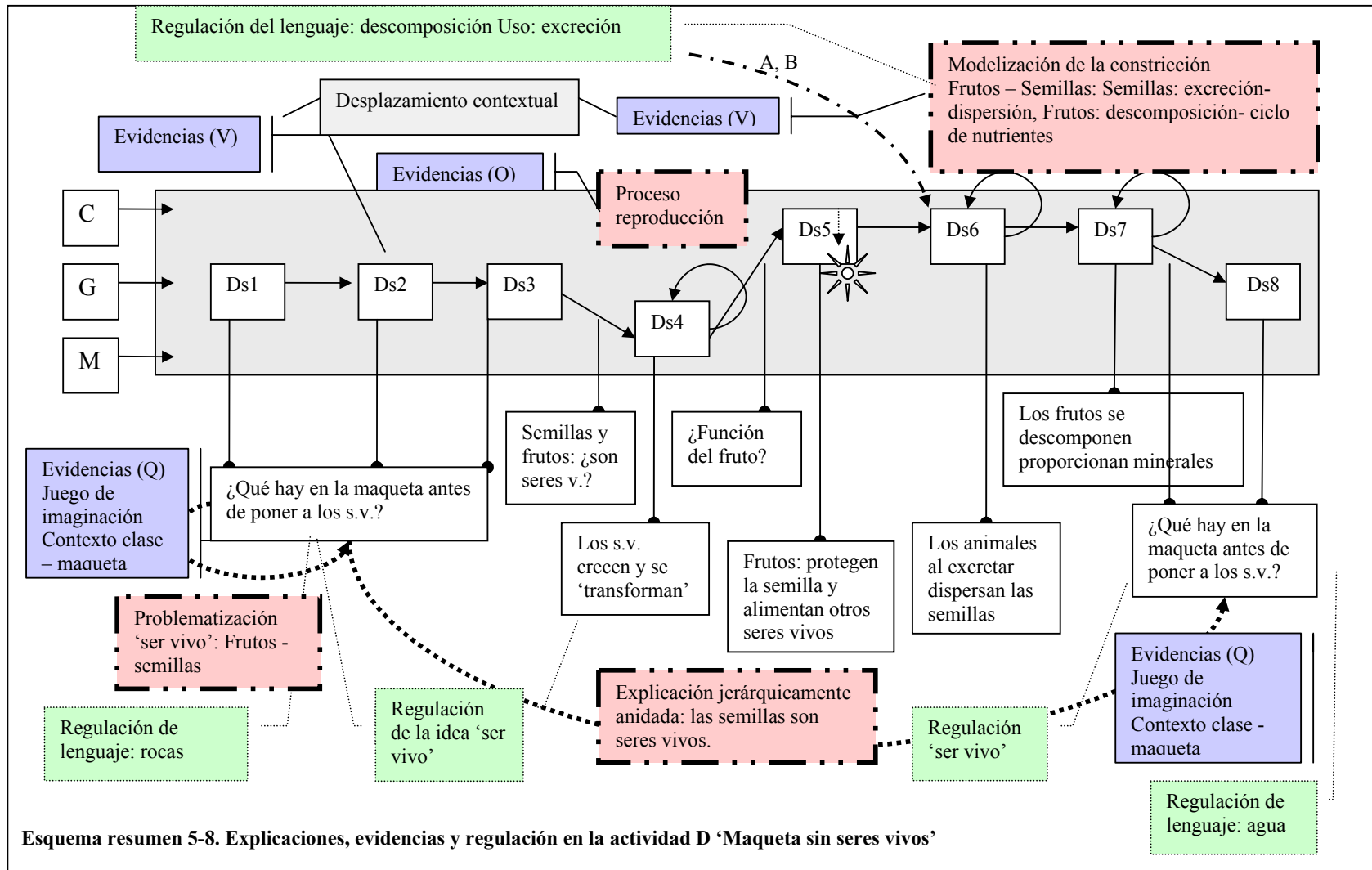
1. Identificamos regulación en la construcción de nuevos significados en sus dos vertientes: al interior y entre secuencias discursivas.

1.1. Al interior de las secuencias discursivas:

1.1.1. Encontramos **regulación del lenguaje**. Las docentes regulan la utilización de palabras relativas a factores abióticos e introducen vocabulario. **Los escolares co-regulan las palabras usadas** para designar a las rocas a través de una dinámica de uso de sinónimos. Así mismo, se utiliza la idea excreción regulada en la actividad A.

1.2. Entre secuencias discursivas:

- 1.2.1. Se **regula de la idea ‘ser vivo’** a lo largo de varias secuencias discursivas y en ello **participan tanto docentes como escolares. Los escolares** participan en la regulación de la idea **aportando los mecanismos relacionados con la transformación.**
- 1.2.2. Las docentes gestionan los significados con una ‘flecha de dirección’ que aunque esta dirigida a un fin –lograr los objetivos de aprendizaje– permite a través de preguntas abiertas y uso de condicionales, la apertura de los contextos argumentativos centrados en la finalidad de propiciar la construcción del modelo.





### 5.3. Actividad E ‘Montaje de los árboles’

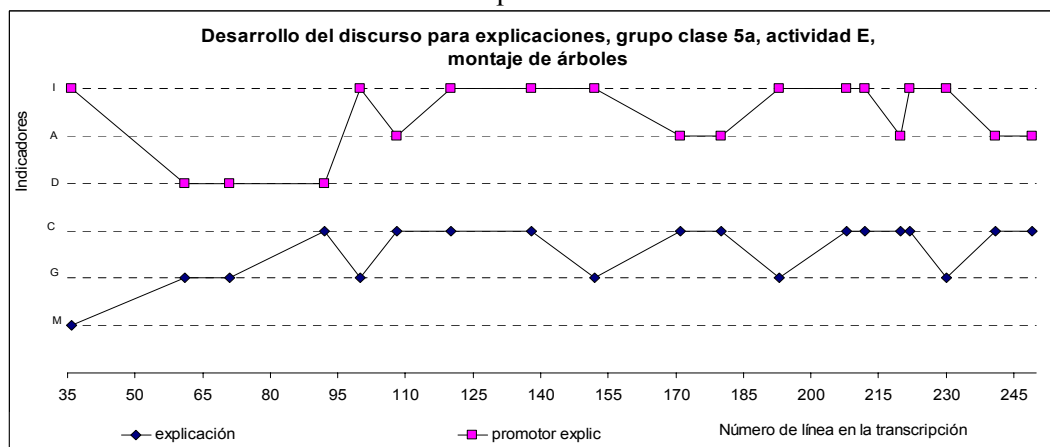
En esta actividad E ‘Montaje de los árboles’ se realizó el montaje de los árboles en la base de la maqueta. Los cuatro tipos de árboles, elaborados en equipos cooperativos por los escolares, fueron: encina, alcornoque, pino y roble (fotografía 5-3). Para el montaje se entregó a los equipos información general sobre el tipo de árbol que realizaron.



Fotografía 5-3. A la izquierda Cuatro prototipos de árboles (de arriba abajo y de izquierda a derecha: encina, alcornoque, roble y pino), a la derecha aspecto de la maqueta tras el montaje.

#### 5.3.1. Análisis de las explicaciones

A continuación realizamos el análisis de las explicaciones de la actividad E. En función a los resultados de la segunda etapa del análisis construimos la gráfica 5-7., en el eje de las ordenadas presentamos los indicadores: *mecanismos* (M), *generalizaciones* (G), *constricciones* (C), *docentes* (D), *alumno/a* (A), *interacción* (I). En el eje de las abscisas el número de línea en la transcripción.



Gráfica 5-7. Desarrollo del discurso para las explicaciones y quién la promueve, grupo clase 5a, en la actividad E ‘Montaje árboles’.

### 5.3.1.1. Las explicaciones

Podemos observar en la gráfica que únicamente la primera secuencia discursiva la identificamos como de tipo **mecanismo**, las restantes fluctúan entre **constricciones** y **generalizaciones**.

En la secuencia uno *Es1* de tipo **mecanismo** la docente solicita a los escolares emplear el lenguaje científico y al ejemplificar la palabra progenitores, se presenta el mecanismo. Ante su *pregunta indirecta*, se hace necesario recurrir a los mecanismos al especificar el *significado de una palabra y cómo se usa*.

#### Fragmento Es1

D1.- ... vamos a empezar a **usar las palabras que hemos aprendido del lenguaje científico** |  
quién me dice un ejemplo .....

...

No.- **excertar** (*en susurro*)

D1.- Josy

Na.- **excretar**

D1.- vale | se acuerdan de una palabra que era **progenitores**?

No.- == si ==

Na.- ahh

D1.- si? cuáles eran los **progenitores**?

...

Na.- **son los animales | que | que cuando tienen hijos pues salen igual**

D1.- aja | como los padres | pero dijimos que los padres se usa mucho para las personas | pero por ejemplo **los árboles cuando tienen una semilla el progenitor sería el árbol que produjo la semilla** |

Precisar el significado de la palabra progenitores

Plantas y animales reproducción. Se encuentra la dicotomía

Destaca en esta secuencia que los escolares vuelven a centrarse en los animales (“*son los animales que cuando tienen hijos pues salen igual*”). La docente por su parte llama la atención sobre las plantas. Aunque en la actividad A ‘Construcción del esquema ser vivo’ se ha trabajado sobre la superación de la dicotomía plantas – animales, en el fragmento anterior vemos que *al hablar sobre los progenitores, los escolares vuelven a pensar en los animales*.

**Generalización.-** Identificación del patrón del fenómeno. Situada en el nivel organismo.

- **Gen. por condensación.-** frase sumaria de varias observaciones.
- **Gen. por simplificación.-** Identificación de la esencia del fenómeno.
- **Gen. por unificación.-** Emparejamiento de dominios

**Mecanismo.-** Mirada al nivel inferior de organización. Explica causalmente el patrón del fenómeno

**Constricción.-** Mirada al nivel superior de organización. Explica causalmente las limitantes del fenómeno.

En este caso, el tratamiento de la superación de la dicotomía plantas – animales se vuelve a presentar, aunque se enfoca en un aspecto no tratado con antelación, relacionado con la reproducción. Esto indica que *en la construcción del modelo, los momentos no quedan superados, sino que se retoman una y otra vez aunque con diferentes matices. Así, la superación de la dicotomía plantas – animales se ha de trabajar tanto en los diferentes niveles escalares, como en las diferentes funciones (nutrición, relación y reproducción).*

En adelante la conversación se sitúa en el montaje de los árboles en la base de la maqueta. En la secuencia *Es2* que identificamos de **generalización tipo condensación**, la docente enuncia las tres ideas básicas del modelo que se tendrán en cuenta en la manipulación de la maqueta. Se trata de una *condensación de alto nivel que retoma las tres funciones del modelo: reproducción, nutrición y relación.*

Fragmento Es2

D1.- ... para montar las plantas vamos a pensar en una característica que se llama la **reproducción**

No.- ahh

D1.- para montar los animales vamos a pensar en la **nutrición** y después vamos a hablar de la **relación** | a ver Ignasi

Tres funciones del modelo ser vivo
------------------------------------

En la secuencia *Es3* que identificamos de **generalización tipo simplificación** la docente gestiona la conversación hacia la reproducción del primer tipo de árbol que se va a colocar en la maqueta: la encina. En esta secuencia, como observamos en el fragmento, se generaliza respecto a la reproducción de los árboles a través de la semilla que está en el fruto. Para ello se parte del ejemplo de la encina.

Fragmento Es3

D1.- cómo se llama?

No.- alzina

D1.- **cómo es la reproducción de la alzina**

No.- **por la semilla**

D1.- a ver el equipo | **vamos a pensar cómo es la reproducción y así vamos a saber dónde poner los árboles** | quién me dice cómo es la reproducción de la alzina? **cómo se reproducen los árboles**

No.- **por las semillas**

Na.- **pel fruit**

Na.- por las semillas

Na.- **hi ha arbres que només tenen fruits**

D1.- **pero también tienen semillas dentro de**

No.- = = sí | dentro las tienen

D1.- cuál es el nombre de la semilla

Reproducción de árboles por medio de la semilla
-------------------------------------------------

## 5. Análisis interpretativo de la actividad E ‘Montaje de los árboles’

Por otra parte, nos llama la atención que la docente menciona que pensando “cómo es la reproducción” los escolares sabrán dónde colocar sus árboles. La docente *crea una expectativa respecto a la utilidad de saber ‘algo’ sobre la reproducción, para poder definir una actuación*, en este caso “dónde poner los árboles”. Ésta podría considerarse una forma de generar ‘diferencias’ que Ogborn *et al.* (1998: 51) llaman “la utilidad”. Estos autores mencionan tres tipos de utilidades: “(i) para comprender la biología, (ii) para hacer materiales nuevos y útiles y (iii) para organizar el conocimiento y facilitar el aprendizaje”. En el caso que analizamos la utilidad no puede catalogarse dentro de las mencionadas por estos autores, ya que es para *tener elementos para tomar una decisión*. En este caso la docente hace alusión también a otros dos aspectos de los que habló al inicio de la actividad y que se referían a que los árboles en la naturaleza no están distribuidos al azar.

En la secuencia *Es4*, se produce un *movimiento escalar* hacia **constricciones**. La docente llama la atención hacia la información impresa que entregó a cada equipo y en la cual se presentan las condiciones ambientales en que crecen los encinos<sup>1</sup>. Muestra una *semilla* de encino, la bellota y *relaciona su peso y la forma en que ésta cae del árbol con sus posibilidades de dispersión por viento*.

### Fragmento Es4

D1.- está es la bellota | en su escrito que les he dado dice que **la encina nace a la sombra de otros árboles | esta es una semilla que cae [deja caer la semilla] junto al árbol que produce | se la podrá llevar el viento | qué piensan?**

No.- el viento?

No.- **no | cae**

No.- == no

No.- == no se cae

Na.- == si

D1.- **esta semilla pesa mucho |**

Dispersión por viento
-----------------------

En la secuencia *Es5* se produce un *movimiento escalar* hacia **generalización tipo simplificación**. En este caso se habla sobre semillas con *otras formas*. Se introduce la diversidad y se utiliza la idea de diversidad de forma de semilla ante la unidad respecto a la idea de que todos los árboles producen semillas. *Se introducen los complementarios diversidad – unidad*.

### Fragmento Es5

D1.- **conocen unas semillas que tienen unas como alas?**

Ns.- sí

No.- también algunas | hay **algunas que es roden y pueden ir |**

No.- se pueden caer por el camino ||

D1.- esa es una forma en que las semillas pueden llegar a otro lugar | estos árboles producen **esta semilla que no se la lleva el viento | miren [la deja caer] pesa mucho,**

---

<sup>1</sup> Cada equipo tiene información sobre el árbol que elaboró y que será responsable de montar en la maqueta.

D1.- hay **otras semillas chiquitas** que sí se las puede llevar el viento

Características del encino
----------------------------

Diferentes tipos de semillas
------------------------------

Al retomar conjuntamente las tres últimas secuencias observamos que la generalización de la secuencia *Es5* se complementa con la de la secuencia *Es3*. En aquella se generaliza la idea de la reproducción de los árboles por medio de las semillas, mientras en ésta se particulariza evidenciando la diversidad de formas que pueden tener esas semillas. También podemos decir que la secuencia *Es3* complementa la secuencia *Es4* de constricción, ya que relaciona las diferentes formas posibles de las semillas y su posible dispersión por viento. Así se promueve la *generación de un nuevo significado en relación con las semillas*.

En la secuencia *Es6* se produce un *movimiento escalar* hacia **constricciones**. En este caso *derivado de la necesaria decisión* de un escolar sobre dónde colocar un encino. Podemos observar en el fragmento cómo *se relaciona el tipo de semilla, la posible dispersión y la distribución de los árboles para tomar una decisión*.

Fragmento Es6

D1.- **cómo los pondrían** separados o todos juntos?

...

Na.- **en el mismo sitio pero un poco separados**

No.- **== todos juntos**

D1.- por qué todos juntos Abraham?

No.- **per que** acabamos de decir | que **la semilla no se la lleva el viento**

Na.- **las semillas se caen al lado y si se cae al lado debe de crecer al lado**

En la secuencia *Es7* que identificamos de tipo **constricción** se continúa con el argumento anterior y *se complementa la constricción* incorporando la relación entre el crecimiento de los árboles y la luz (sombra).

Fragmento Es7

No.- porque por las semillas que caerían al lado

D1.- y los árboles crecen a la sombra de los **progenitores**

En la secuencia *Es8* que identificamos de tipo **constricción** otra estudiante pasa a poner su árbol. En este caso nuevamente *se utiliza el argumento de la dispersión de la semilla en la toma de decisiones*.

Dispersión, necesidades de luz
--------------------------------

En la secuencia *Es9* se produce un *movimiento escalar* hacia **generalización tipo simplificación**. Ésta se da *ante la presentación de otro tipo de árbol* que será colocado

## 5. Análisis interpretativo de la actividad E 'Montaje de los árboles'

en la maqueta, el alcornoque, *al cual se describe* resaltando la capa de corcho que le cubre como algo característico. También se menciona la protección que brinda dicha capa ante los incendios.

### Fragmento Es9

Na.- el que cubre

D1.- pero qué es?

No.- **es el corcho**

D1.- silencio escuchemos a Abraham

No.- es como || es una camisa

D1.- en que parte del árbol está el *surro*

Na.- en el tronco

D1.- es la corteza del árbol | **la corteza del árbol del alcornoque o *alzina surera* es muy gruesa** y de ahí se obtiene el corcho | ese material que usamos para/

Na.- poner las chinchetas

D1.- eso **también protege al árbol cuando hay un incendio** | esa es la diferencia entre la **alzina i la alzina surera** entre el alcornoque y el encino,

Caracterización del alcornoque

En la secuencia *Es10* se produce un *movimiento escalar* hacia **constricciones ante la necesidad de decidir dónde colocar el árbol**. Para ello se recurre al tipo de semilla y sus características. Se establece un paralelismo con los argumentos que permitieron tomar la decisión de dónde colocar la encina, dado que su semilla es similar (la bellota o *ágla*).

### Fragmento Es10

D1.- pero la semilla es la misma el *ágla* | entonces dónde crecerán

No.- todas juntas (*pone su árbol*)

En la secuencia *Es11*, que identificamos de tipo **constricción**, nuevamente *se utiliza el argumentó de la posible dispersión de semillas para la toma de decisiones*.

### Fragmento Es11

D1.- Donde tu quieras Marisol | ahí?

Ns.- ahí no era

D1.- A ver Pablo explícanos dónde la vas a poner | vamos a escuchar a Pablo

Pedro.- **al lado del encino**

D1.- **por qué ahí?**

No.- ponla

D1.- a ver antes dinos qué árbol es y cómo se reproduce y por qué lo vas a poner ahí?

No.- **perquè si cau una de aquestes llavors cauran per aquí**

Na.- la pondría por aquí | **porque es el mismo árbol**

D1.- y eso en que influye

Na.- **que si cau una llavor per aquí**

Na.- Maria más cerca

Na.- [la pone]

Dispersión, necesidades de luz

Por otra parte, como observamos en el fragmento siguiente, abundan las frases que se refieren a la localización espacial del árbol. Las frases de los escolares son cortas e indican posiciones que tienen sentido ya que se acompañan de señalamientos o se refieren a acciones que se acaban de realizar: “al lado del encino”, “ahí no era”, “la pondría por aquí”, “María más cerca”. Encontramos que la docente, por su parte, utiliza también este tipo de formulaciones: “¿por qué ahí?”. Todo ello se refiere a una situación específica que se comparte, donde *la maqueta se convierte en un soporte importante para la ceración del contexto argumentativo, ya que contextualiza la acción.*

En la secuencia *Es12* se identificó un *movimiento escalar* hacia **generalización tipo simplificación**. Al igual que en la secuencia *Es9* éste *se debe a que se presenta un diferente tipo de árbol para colocar en la maqueta: el pino*. Antes de colocarlo *se le caracteriza, especialmente el tipo de semilla.*

Fragmento Es12

No.- **es un pi** | y no me acuerdo **cuál es la semilla**

No.- **el piñón**

No.- a sí el piñón

D1.- y el piñón está?

No.- **en una piña**

No.- sí está en una piña

D1.- miren esto es una piña | en cada una de estas | hay un piñón | **cuántos piñones hay** aquí

Ns.- **muchos**

....

Caracterización del pino
--------------------------

En la secuencia *Es13* se produce un *movimiento escalar* hacia **constricciones**, donde nuevamente *se relaciona el tipo de semilla con la dispersión*. En este caso la semilla es de tamaño pequeño, lo que permite pensar en que se puede dispersar más que la semilla de encino, de tamaño grande.

Fragmento Es13

D1.- **miren el piñón es una semilla chiquita** | eso quiere decir que **puede caer lejos** del árbol que los ha producido | **cómo pondríamos los pinos?**

No.- **a distancia**

No.- **por** | **acá** | **separados**

En la secuencia *Es14*, que identificamos de tipo **constricción**, se incluye un nuevo elemento: la cantidad de luz necesaria para que crezca un pino.

Fragmento Es14

D1.- otra característica del pino es que **no crece a la sombra de otros árboles** | **sino donde hay luz**

No.- **por ahí**

## 5. Análisis interpretativo de la actividad E 'Montaje de los árboles'

En las secuencias *Es15* y *Es16*, que identificamos de tipo **constricción**, los escolares colocan los pinos en la maqueta, para ello toman en cuenta las constricciones de dispersión de semillas y disponibilidad de luz. Podemos observar en los fragmentos siguientes la forma como *tanto los escolares como la docente toman en cuenta las variables dispersión y cantidad de luz, haciendo relaciones y generando restricciones que utilizan los escolares para definir el sitio donde colocar cada árbol.*

### Fragmento Es15

Na.- este lo voy a **poner lejos del otro pino | los piñones pueden ir muy lejos**

No.- **también muy cerca**

### Fragmento Es16

D1.- **pero no cercén en la sombra | si una semilla | por ejemplo que cayera aquí bajo la sombra de los encinos | no podría crecer | porque los encinos hacen sombra**

Na.- **la pongo aquí**

Na.- a ver la voy a poner aquí | porque la semilla puede | puede rebrotar

D1.- **necesita luz**

No.- **aquí mismo**

No.- **en aquella esquina**

No.- **aquí que hay luz**

Dispersión, necesidades de luz

En la secuencia *Es17* identificamos un *movimiento escalar* hacia **generalización tipo simplificación**. Nuevamente este movimiento se produce ante la presentación de otro tipo de árbol: el roble. Éste *se caracteriza en función a su altura, tipo y forma de hoja y tipo de semilla.*

### Fragmento Es17

Na.- **el roure**

D1.- **cómo es su hoja?**

Na.- [**muestra la hoja**]

D1.- Anna tu cuéntanos que ya has leído la información

Na.- **es una hoja caduca** | que caduca

D1.- quiere decir

No.- = = que se cae en el invierno

Na.- **que surt un arbre de vint metres** | però només arriba a uns sis metres

D1.- **y cuál es el fruto**

Na.- **la bellota**

Caracterización del roble

En la secuencia *Es18* identificamos un *movimiento escalar* hacia **constricciones** debido a la necesidad de definir dónde colocar los robles. Nuevamente se toma en cuenta el tipo de semilla y sus características relacionándola con su posible movilidad.

### Fragmento Es18

D1.- y cómo crees que **crecerán juntas o separadas?**

Na.- **juntas | perquè també pesen molt**

D1.- dónde lo pondrías?



Na.- **aquí porque ahí hay espacio**

Na.- aquí porque ha crecido aquí

No.- yo lo pongo aquí | **es donde caería la semilla**

Na.- la posaría aquí | perquè pesa molt el fruit i si cau cauria aquí baix

No.- yo | ehh | aquí || eh perquè la llavor cau || pesa molt | au a proa

La presencia de otros árboles y la disponibilidad de espacio

En esta secuencia identificamos *el surgimiento de una constricción emergente: el espacio disponible en la maqueta* para colocar los robles. Esta emergencia se perfila en la expresión de la niña: “*aquí porque ahí hay espacio*”.

Con esta secuencia finaliza una *serie de 4 ciclos que se repiten* relacionados con el montaje de los árboles. El primer ciclo incluye las secuencias *Es3, Es4, Es5, y Es6, Es7 y Es8*; el segundo ciclo las secuencias *Es9, Es10 y Es11*; el tercero las secuencias *Es12, Es13, Es14, Es15 y Es16*; el cuarto ciclo incluye las secuencias *Es17 y Es18*.

Cada ciclo inicia con una o varias secuencias de **generalización por simplificación**, en las cuales se presenta uno de los tipos de árboles que se van a montar. Se identifican las características morfológicas de las especies, específicamente forma de la hoja, tipo de corteza, altura y forma y peso de la semilla, así como nombre del árbol. Posteriormente se presenta un movimiento escalar a **constricciones**, debido a la necesidad de definir dónde colocar los árboles. Así, se generan una o varias secuencias de constricciones en las que los escolares toman en cuenta para colocar los árboles más juntos o más separados. Se considera que algunos árboles crecen a la sombra de otros, y que hay otros que crecen en zonas iluminadas, soleadas, también se integran factores como viento, inclinación del terreno, cantidad de luz y características de forma y peso de la semilla.

Por lo anterior podemos decir que se generan 4 *explicaciones jerárquicamente anidadas* donde se toman en cuenta las generalizaciones, en las que se caracterizan los tipos de árboles, especialmente la semilla, y las constricciones donde se relaciona el tipo de semilla, sus posibilidades de dispersión, las condiciones de luminosidad y el espacio disponible.

La actividad finaliza con la secuencia *Es19*, que identificamos de tipo **constricción**. En ella, la observación de una alumna permite resaltar *la distribución espacial de las especies montadas*.

Fragmento Es19

Na.- **Desde aquí se ven las alzinas negras y las sureras y un roble, no se ven las otras**

D1.- cuando vayamos al bosque vamos a ver como los árboles, **los Encinos están muy cerca y no se pueden ver todos los árboles**

Na.- podemos ver así de lado

Na.- **acá hay pocas y acá muchas**

D1.- y por qué

No.- ahh

## 5. Análisis interpretativo de la actividad E 'Montaje de los árboles'

Na.- **porque estas son las *alzinas* y crecen juntas**

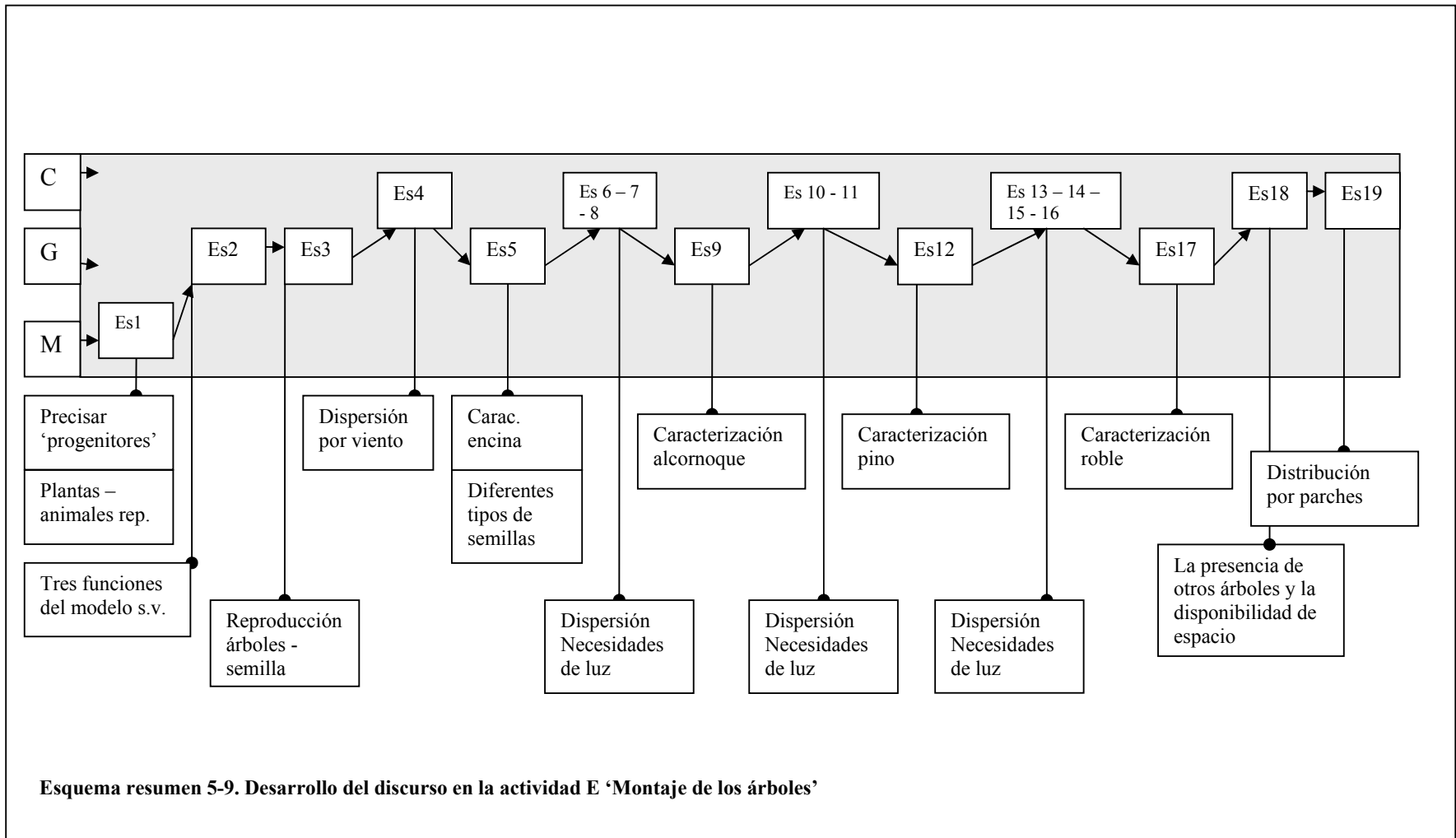
Na.- **allá los pinos**

D1.- bueno vamos a regresar a nuestros lugares

Distribución por parches

Podemos decir que durante el montaje de la maqueta se van generando *constricciones emergentes* que condicionan la distribución de los árboles: la presencia o ausencia de un árbol montado condiciona que otro se ponga cerca o lejos de mismo. Se trata de un proceso recursivo en el que la presencia o ausencia de otros árboles condiciona que haya más o menos árboles, generando finalmente una distribución que no es al azar sino agrupada. De hecho, en la naturaleza los patrones de distribución al azar son poco muy poco frecuentes y los patrones agregados son la regla (Margalef, 1983).

En términos generales podemos afirmar que durante el montaje de los árboles se ha establecido *una primera regla del juego de la modelización*. Partiendo de la premisa dada por la docente: 'dado que los árboles en la naturaleza no están al azar, para decidir dónde colocar cada árbol hemos de tomar en cuenta el tipo de semilla, su posible movilidad, la presencia de luz y la presencia o ausencia de otros árboles, es decir las constricciones'. *Las reglas del juego sirven para guiar el pensamiento de los escolares de manera que utilicen las ideas del modelo para la toma de decisiones sobre dónde colocar cada árbol*. Los escolares no cuestionan la regla del juego, la asumen como tal y saben que para jugar a 'montar la maqueta' la docente pondrá reglas y aprender las reglas es parte de aprender el juego, es decir es parte de aprender ciencias.



Esquema resumen 5-9. Desarrollo del discurso en la actividad E 'Montaje de los árboles'

### **5.3.1.2. Respecto a quién promueve la explicación**

En la secuencia *Es1* la explicación es promovida en **interacción**. En ella se ejemplifica la palabra ‘progenitores’ como lenguaje científico. La participación de una alumna, sobre los progenitores “*son los animales, que cuando tienen hijos pues salen igual*”, se complementa con la de la docente, quien amplía la idea de progenitores a las plantas al decir “*los árboles cuando tienen una semilla el progenitor sería el árbol*”

En las secuencias *Es2*, *Es3* y *Es4* la explicación es promovida por la **docente**. En estas secuencias se sientan las bases de los argumentos que serán utilizados en el montaje de los árboles. La docente llama la atención sobre la reproducción dentro del modelo de tres funciones de los seres vivos: reproducción, relación y nutrición, especialmente sobre el hecho de que los árboles se reproducen por semillas y la posibilidad de movilidad de la misma como elemento que puede determinar su distribución espacial.

En la secuencia *Es5* la explicación es generada en **interacción**. En esta se particulariza la generalización establecida sobre el hecho de que los árboles producen semillas, en función a la diversidad de formas y tamaños de las mismas dependiendo de la especie.

En la secuencia *Es6* la explicación es generada por los **alumnos**. En este caso los escolares han de decidir dónde colocar los árboles, por lo que utilizan las constricciones generadas para definir la distribución espacial en la maqueta.

#### Fragmento Es6

Na.- **en el mismo sitio pero un poco separados**

No.- = = **todos juntos**

D1.- por qué todos juntos Abraham?

No.- **porque acabamos de decir | que la semilla no se la lleva el viento**

Na.- **las semillas se caen al lado y si se cae al lado debe de crecer al lado**

Para las secuencias *Es7*, *Es8* y *Es9* consideramos que la explicación se genera en **interacción**. Los escolares toman en cuenta las constricciones (secuencias *Es7* y *Es8*) para colocar sus árboles y también caracterizan al siguiente tipo de árbol, el alcornoque (secuencia *Es9*). Por otra parte, las preguntas de la docente y la complementación que ella realiza es significativa para incluir la construcción de cantidad de luz, y para precisar qué es el *suro* o corcho y su relación con los incendios forestales, tal como se observa en los fragmentos siguientes.

#### Fragmento Es7

No.- porque por las semillas que caerían al lado

D1.- y los árboles crecen a la sombra de los **progenitores**

Fragmento Es8

No.- Nohemi has un esfuerzo <...> por la semilla

D1.- a ver mira las semillas caen aquí y crece un nuevo árbol | el equipo |

Fragmento Es9

D1.- cuál es su semilla

Na.- el **suro**

D1.- el suro? | qué es el suro?

...

D1.- eso también protege al árbol cuando hay un incendio...

En las secuencias *Es10* y *Es11* la explicación es promovida por los **escolares**. Podemos considerar que los escolares se han apropiado de la restricción relacionada con la movilidad de la semilla utilizándola en estas secuencias como argumento para decidir dónde colocan sus árboles.

Fragmento Es10

D1.- pero la semilla **es la misma el agua | entonces dónde crecerán**

No.- **todas juntas** (*pone su árbol*)

En el fragmento anterior, observamos que *el tipo de semilla permite al niño identificar una posible distribución espacial para la especie*. También podemos ver lo anterior en el siguiente fragmento, donde un par de escolares definen el sitio dónde colocarán sus árboles en función de la restricción de movilidad de la semilla.

Fragmento Es11

No.- **perquè si cau una d'aquestes llavors cauran per aquí**

Na.- **la pondría por aquí | porque es el mismo árbol**

En las secuencias *Es12*, *Es13* y *Es14* la explicación se genera en **interacción**. En estas secuencias se caracteriza al pino y se especifica la restricción relacionada con la movilidad de las semillas y la necesidad de luz para la germinación. En estas tres secuencias las aportaciones tanto de los escolares como de la docente son significativas. *La docente guía la observación* sobre el tipo de semillas y los requerimientos luminosos. Por su parte los escolares aplican la restricción al caso concreto que les ocupa.

Fragmento Es14

D1.- otra característica del pino es que **no crece a la sombra de otros árboles | sino donde hay luz**

No.- **por ahí**

En el fragmento anterior se ejemplifica dicha generación de la restricción en interacción. En este caso la docente menciona la restricción relacionada con la

## 5. Análisis interpretativo de la actividad E ‘Montaje de los árboles’

necesidad de luz. La siguiente participación de un niño es significativa, en tanto ubica espacialmente la constricción identificando el lugar dónde podría crecer un pino. Es decir, asocia la constricción enunciada de manera general por la docente, aplicándola a una situación específica, tomando una decisión adecuada y finalmente colocando su pino.

En la secuencia *Es15*, la explicación es generada por los *escolares*. En ella observamos que dos niñas identifican la constricción y toman decisiones.

### Fragmento Es15

Na.- **este lo voy a poner lejos del otro pino | los piñones pueden ir muy lejos**

No.- **también muy cerca**

En las secuencias *Es16* y *Es17* la explicación es generada en *interacción*. Para la secuencia *Es16* encontramos nuevamente el hecho de que *la docente enuncia la constricción y los escolares la aplican a casos particulares*, realizando una discriminación sobre el lugar dónde colocarán su árbol, en función de las condiciones de iluminación.

### Fragmento Es16

D1.- pero **no cercén en la sombra** | si una semilla | por ejemplo que cayera aquí bajo la sombra de los encinos | no podría crecer | porque los encinos hacen sombra

Na.- **la pongo aquí**

...

D1.- **necesita luz**

No.- **aquí mismo**

No.- **en aquella esquina**

No.- **aquí que hay luz**

En la secuencia *Es17* la explicación se promueve en *interacción*. Se presenta el roble y se caracteriza, las intervenciones de los escolares son significativas así como las preguntas que realiza la docente.

Las secuencias *Es18* y *Es19* son promovidas por los *alumnos*. En la secuencia *Es18* los escolares identifican la constricción de capacidad de dispersión limitada por las características de la semilla y la aplican al colocar los árboles en la maqueta. En la secuencia *Es19*, como observamos en el fragmento siguiente, una escolar llama la atención sobre la distribución final haciendo una observación a nivel de paisaje.

### Fragmento Es19

Na.- **desde aquí se ven las alzinas negres y les sureres y un roble | no se ven las otras**

...

Na.- **podemos ver así de lado**

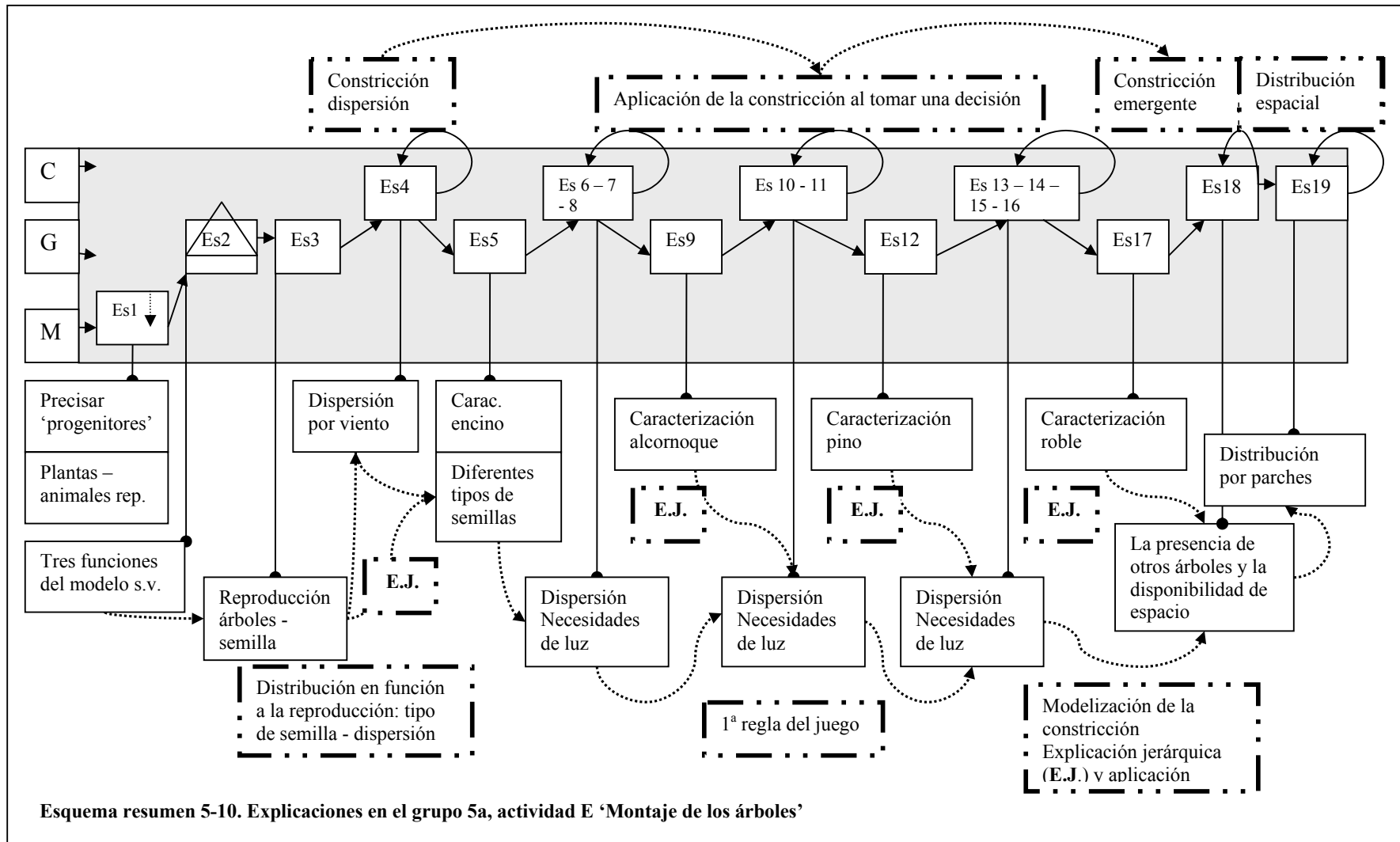
Na.- **acá hay pocas y acá muchas**

...

Na.- **porque estas son las alzines y crecen juntas**

Na.- **allá los pinos**

Con esta secuencia acaba la actividad E ‘Montaje de los árboles’.



### **5.13.1.3. Síntesis de las explicaciones: la toma de decisiones en función a dos constricciones: dispersión y luz.**

A continuación sintetizamos las interpretaciones sobre la construcción de nuevos significados en las explicaciones en la actividad E. Para resumir y visualizar el análisis complementamos el esquema resumen anterior, generando el esquema resumen 5-10. Así, podemos decir lo siguiente:

1. Hemos constatado nuevamente **dos formas de construcción de nuevos significados en el modelo de ‘ser vivo’**. Por un lado la que se produce en una misma secuencia discursiva y por otro la que se produce entre secuencias discursivas.

1.1. **Nuevos significados del modelo se producen dentro de una misma secuencia discursiva.** Los hemos colocado en el esquema resumen 5-10 representados con flechas curvas continuas. Esta forma de construcción se encuentra en una secuencia tipo **mecanismos** y en seis conjuntos de secuencias discursivas del tipo **constricciones**.

1.1.1. Dentro de la secuencia **tipo mecanismo**.

1.1.1.1. En la secuencia tipo mecanismo se aborda la **superación de la dicotomía plantas – animales enfocada en el aspecto de reproducción**, donde la docente introduce la reproducción en plantas.

1.1.2. Dentro de los seis conjuntos de secuencias **tipo construcción**.

1.1.2.1. En el **primero Es4**, se relaciona el tamaño y peso de la semilla con la posible dispersión como condicionante de la distribución espacial de los árboles. **Se genera la construcción de dispersión de semillas.**

1.1.2.2. En el **segundo Es6 – Es8, tercero Es10 – Es11 y cuarto Es13 – Es16** grupo de constricciones se parte de una construcción general sobre dispersión de semillas y necesidad de luz, enunciada por las docentes, y los escolares deciden en cada caso particular (encino, alcornoque, pino y roble) el lugar que ocupa en la maqueta cada tipo específico de árbol en función de la construcción y los elementos presentes. **Los escolares aplican la construcción a la toma de decisiones.**

1.1.2.3. En el **quinto Es18**, encontramos que debido a que los escolares toman en consideración la presencia de otros árboles y las



condiciones posibles de iluminación que dicha presencia genera, emerge en una nueva constricción que no estaba presente al montar los primeros árboles. **Se genera una constricción emergente relacionada con la disponibilidad de espacio en la maqueta**

1.1.2.4. En el **sexto Es19** una escolar hace una apreciación de la distribución de árboles en la maqueta. Se constata que **la distribución espacial de los árboles no es al azar, sino en parches. Se genera una visión paisajística.**

1.2. **La segunda forma de construcción de nuevos significados del modelo se produce entre secuencias discursivas.** Que colocamos en el esquema con flechas curvas punteadas. **Se identificaron dos tipos:** la que se da **entre secuencias discursivas de diferente nivel escalar** (generalización – constricción) y la que se da **entre secuencias de un mismo nivel escalar** (constricción).

1.2.1. Para la construcción de nuevos significados que se dan entre secuencias **de generalización hacia constricción.**

1.2.1.1. Encontramos que partiendo de la enunciación de las tres funciones básicas del modelo: nutrición, relación y reproducción, se centra la atención en la última a partir de identificar la semilla como elemento clave de la reproducción en árboles (**generalización**). Se introduce el la idea de diversidad en el tipo de semillas creando los **complementarios unidad - diversidad**. Se genera un interés sobre el conocimiento ante la **expectativa de utilidad del conocimiento**, especialmente de la reproducción en árboles, donde los escolares podrán tener elementos para la toma de decisiones. Posteriormente se relacionan las características de forma y peso de la semilla para generar limitantes relacionados con las posibilidades de dispersión (**constricción**). Todo ello es lo que define la distribución espacial de las especies colocadas en la maqueta. Así, **se generan cuatro explicaciones jerárquicamente anidadas que explican la distribución de los cuatro diferentes tipos de árboles presentes en la maqueta.**

1.2.1.2. Por otra parte se vinculan las características específicas de las especies de árboles como tipo de semilla y necesidad de luz (generalización) con las limitantes de dispersión y presencia de otros árboles en la maqueta (constricción), así como de la disponibilidad de espacio (constricción emergente). **Así se produce una quinta explicación jerárquicamente anidada que integra las cuatro anteriores y que explica la distribución general de árboles en la maqueta, la cual no es al azar sino agregada. Esto permite a los escolares generar una visión**

**paisajística de la maqueta sin perder de vista los diferentes tipos de árboles como elementos constitutivos (visión particular).**

1.2.1.3. Para la construcción de significados a través de la elaboración de explicaciones jerárquicamente anidadas se establece la **1ª regla del juego para la modelización** en la cual se define que para colocar un árbol en la maqueta se ha de considerar por una parte el tipo específico de árbol, las características de su semilla y necesidad de luz para la germinación y crecimiento y por tanto las constricciones como posible dispersión y presencia de otros árboles. **Esta regla del juego para la modelización vincula la acción de los escolares y las ideas del modelo, especialmente respecto a la función de reproducción.**

1.2.2. Para la construcción de nuevos significados que se produce **entre secuencias de tipo constricción.**

1.2.2.1. Encontramos que se integran las posibilidades de dispersión de la semilla y las necesidades de luz para el crecimiento (en las cuatro especies de árboles montadas en la maqueta) **con la función de reproducción del modelo ‘ser vivo’.** Así se realiza una **modelización de la constricción** ya que éstas toman sentido dentro del modelo ser vivo.

2. Respecto a los **diez movimientos escalares** se realizan hacia constricciones y hacia generalizaciones. Los hemos colocado en el esquema x representados con flechas rectas continuas que ascienden o descienden.

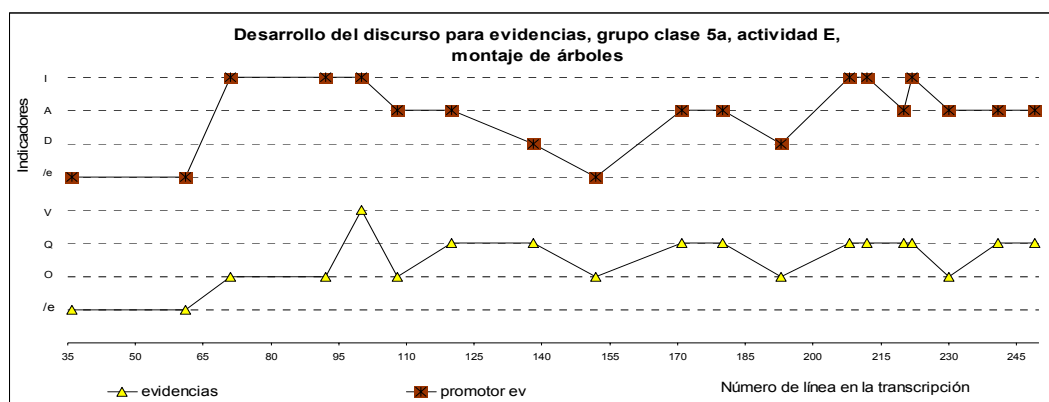
2.1. Encontramos que los movimientos **hacia constricciones** están generados por la necesidad de tomar una decisión sobre el lugar donde colocar cada árbol. Es decir **se asocian a la acción** de los escolares **contextualizada por la maqueta. La maqueta apoya la creación del contexto argumentativo.**

2.2. Por otra parte **los movimientos hacia generalización se producen ante la necesidad de caracterizar las especies de árboles** especialmente respecto al tipo e semilla y necesidades de luz para la germinación. También se caracteriza el tipo de hoja, **que sirve para identificar los prototipos elaborados** por los escolares.

2.3. En relación a la **secuencia de mecanismo** que se presenta al inicio de la sesión, se encontró que la docente invita a los escolares a retomar los significados construidos con antelación respecto a la palabra ‘progenitores’ y **ante su pregunta indirecta de precisar el significado** (que señalamos en el esquema con una pequeña flecha) **se dirige la mirada hacia mecanismos relacionados con la reproducción.**

### 5.3.2. Análisis de las evidencias

A continuación realizamos un análisis de las interacciones en la actividad E, tomando en cuenta el tipo de evidencias utilizadas. En la gráfica 5-8, presentamos en el eje de las ordenadas los indicadores: *Sin evidencia* (/e), *observación* (O), *maqueta* (Q), *otras fuentes* (V), *docentes* (D), *alumnos/as* (A), *interacción* (I), en el eje de las abscisas el número de línea de la transcripción.



Gráfica 5-8. Distribución en el tiempo de las evidencias y quién las promueve, en el grupo clase 5a, actividad E 'Montaje de los árboles'.

#### 5.3.2.1. Las evidencias

La actividad se inicia con dos secuencias *Es1* y *Es2* *sin evidencias*. Al acudir al contenido de las conversaciones podemos observar que éstas son una introducción al tema. Se invita a los escolares a tomar en cuenta significados construidos con antelación y las tres funciones del modelo ser vivo, especialmente la reproducción.

En las secuencias *Es3* y *Es4* identificamos evidencia por *observación*. En estas se empiezan a reconocer los árboles que se van a montar en la maqueta y las semillas que éstos producen, ya que como hemos mencionado en el apartado de explicaciones las características de la semilla como peso, tamaño y movilidad serán tomadas en cuenta para construir las constricciones y decidir en dónde se ponen los diferentes tipos de árboles. Se observa la semilla de la encina: la bellota. La docente hace una demostración sobre la forma cómo cae la semilla y se establece una relación con la posible dispersión por viento.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad E ‘Montaje de los árboles’

### Fragmento Es4

D1.- **está es la bellota** | en su escrito que les he dado dice que la encina nace a la sombra de otros árboles | esta es una semilla que cae [**deja caer la semilla**] junto al árbol que la produce | **se la podrá llevar el viento | qué piensan?**

No.- el viento?

No.- **no** | **cae**

No.- = = no

En la secuencia *Es5* la evidencia proviene de ***otras fuentes por experiencias antecedentes*** de los escolares sobre otros tipos de semillas con diferentes formas y tamaños que los escolares conocen.

### Fragmento Es5

D1.- conocen unas semillas que tienen unas como alas?

Ns.- **sí**

No.- también algunas | **hay algunas que es roden y pueden ir** |

En la secuencia *Es6*, se presenta una evidencia por ***observación***, en este caso se recurre a la semilla que se ha mostrado con antelación, ya que el árbol que ahora se considera -el alcornoque- tiene el mismo tipo de semilla que el anterior, la encina.

Posteriormente encontramos una serie de secuencias prácticamente continua (*Es7*, *Es8* y *Es10* a *Es16*) donde se utiliza la ***maqueta*** como fuente de evidencias. A lo largo de éstas se encuentran las *Es9* y *Es12* con evidencia por ***observación***, en las cuales se presentan las semillas de los árboles respectivos.

A partir de la secuencia *Es7* se empiezan a colocar los árboles en la maqueta. Dicha actividad se extiende hasta la secuencia *Es18*. En todas ellas los escolares y la docente hacen referencias constantes a los elementos presentes en la maqueta y su distribución. En las diferentes secuencias *las frases relacionadas con la ubicación espacial y con la acción de los escolares se conjugan, la maqueta es el contexto alrededor del cual giran las conversaciones.*

Como observamos en los fragmentos siguientes, la maqueta *establece posibilidades de acción y de restricción*. De la misma forma que las docentes gestionan la conversación a través de preguntas directas e indirectas, *la maqueta la gestiona a través de la posibilidad de un hacer o no hacer, condicionado principalmente por los componentes presentes a cada momento y su distribución espacial*. Dichos componentes son tanto los mismos árboles que se van colocando, como dos factores más: disponibilidad de terreno (espacio) y presencia o no de luz. Estos factores se condicionan mutuamente en un proceso de *retroalimentación negativa*: a más árboles – menos luz y menos terreno disponible.

*Las conversaciones indican la importancia del componente espacial que la maqueta proporciona para dar sentido a la idea de poner los árboles juntos o separados, al lado de, lejos de, aquí o allá. Lo anterior permite que la maqueta ejerza un papel en la*

interacción, posibilitando a los escolares una forma de *aplicación del conocimiento* al considerar en su toma de decisiones las constricciones. *La maqueta puede considerarse un tercer elemento en la interacción* (además de las docentes y el alumnado), ya que dialoga con los otros actores, generando posibilidades o impidiéndolas.

Lo anterior podemos observarlo en los siguientes fragmentos:

Fragmento Es7

D1.- mira Javi tienes que apretar aquí para que se pueda [**poner el árbol**] | muy bien |

Miquel ...

No.- esto es una *alzina*

D1.- **por qué la pondrías ahí?**

No.- **porque si la pongo aquí han caído semillas**

Fragmento Es8

Ns.- [hacen comentarios diversos]

D1.- silencio

Na.- [**lo pone en un lugar**]

D1.- lo vas a poner cerca **de estas otras que han hecho tus compañeros** | **por qué?**

Fragmento Es10

No.- **todas juntas (pone su árbol)**

Fragmento Es11

Na.- **que si cau una llavor per aquí**

Na.- **Maria más cerca**

Na.- [la pone]

Fragmento Es13

No.- **a distancia**

No.- **por | acá | separados**

Fragmento Es14

D1.- **sino donde hay luz**

No.- **por ahí**

D1.- **bueno**

Fragmento Es15

Na.- **este lo voy a poner lejos del otro pino**

Fragmento Es16

D1.- pero **no crecen en la sombra** | si una semilla | por ejemplo **que cayera aquí bajo la sombra** de los encinos...

Na.- a ver **la voy a poner aquí** | porque la semilla puede | puede rebrotar

D1.- **necesita luz**

No.- **aquí mismo**

No.- **en aquella esquina**

No.- **aquí que hay luz**

## 5. Análisis interpretativo de la actividad E ‘Montaje de los árboles’

### Fragmento Es18

Na.- **aquí porque ahí hay espacio**

Na.- **aquí porque ha crecido aquí**

En la secuencia *Es17* la evidencia es por **observación**. En ella se muestra la hoja de roble y se le identifica. Cabe notar que las secuencias *Es9*, *Es12* y *Es17*, de tipo generalización, donde se caracteriza el árbol que se va a montar, se presenta *evidencia por observación*. Por otra parte las secuencias *Es7*, *Es8*, *Es10*, *Es11*, *Es13*, *Es14*, *Es15*, *Es16* identificadas como de tipo **constricción**, las evidencias son por **maqueta**. Esto refuerza la hipótesis de que *la maqueta, en tanto representación del ecosistema, favorece visualizar las constricciones*.

En la secuencia *Es18* la evidencia proviene de la **maqueta**. En esta secuencia se colocan los árboles de roble. Por último en la secuencia *Es19* nuevamente la evidencia proviene de la **maqueta**. En esta secuencia se realiza *una visión paisajística, que es posible gracias a una visión global de la maqueta con todos sus árboles montados*.

### Fragmento Es19

Na.- **desde aquí se ven las alzines negras i les sureres y un roble | no se ven las otras**

D1.- cuando vayamos al bosque vamos a ver como los árboles | **los encinos están muy cerca** y no se pueden ver todos los árboles

Na.- podemos ver así de lado

Na.- **acá hay pocas y acá muchas**

D1.- **y por qué**

No.- ahh

Na.- **porque estas son las alzines y crecen juntas**

Na.- allá los pinos

D1.- bueno vamos a regresar a nuestros lugares

Podría haber sido adecuado por parte de la docente ahondar en esta última constricción, ya que la distribución de los árboles, a manera de parche, determina a su vez que es determinada por una distribución heterogénea de los recursos. Sin embargo, al igual que en otros momentos ya descritos en actividades anteriores, *las docentes van tomando constantemente decisiones sobre los aspectos en los que profundizan*. En este caso al ser la última secuencia, el factor tiempo e interés de los escolares pudo haber sido determinante para que la docente no ahondara en el tema.

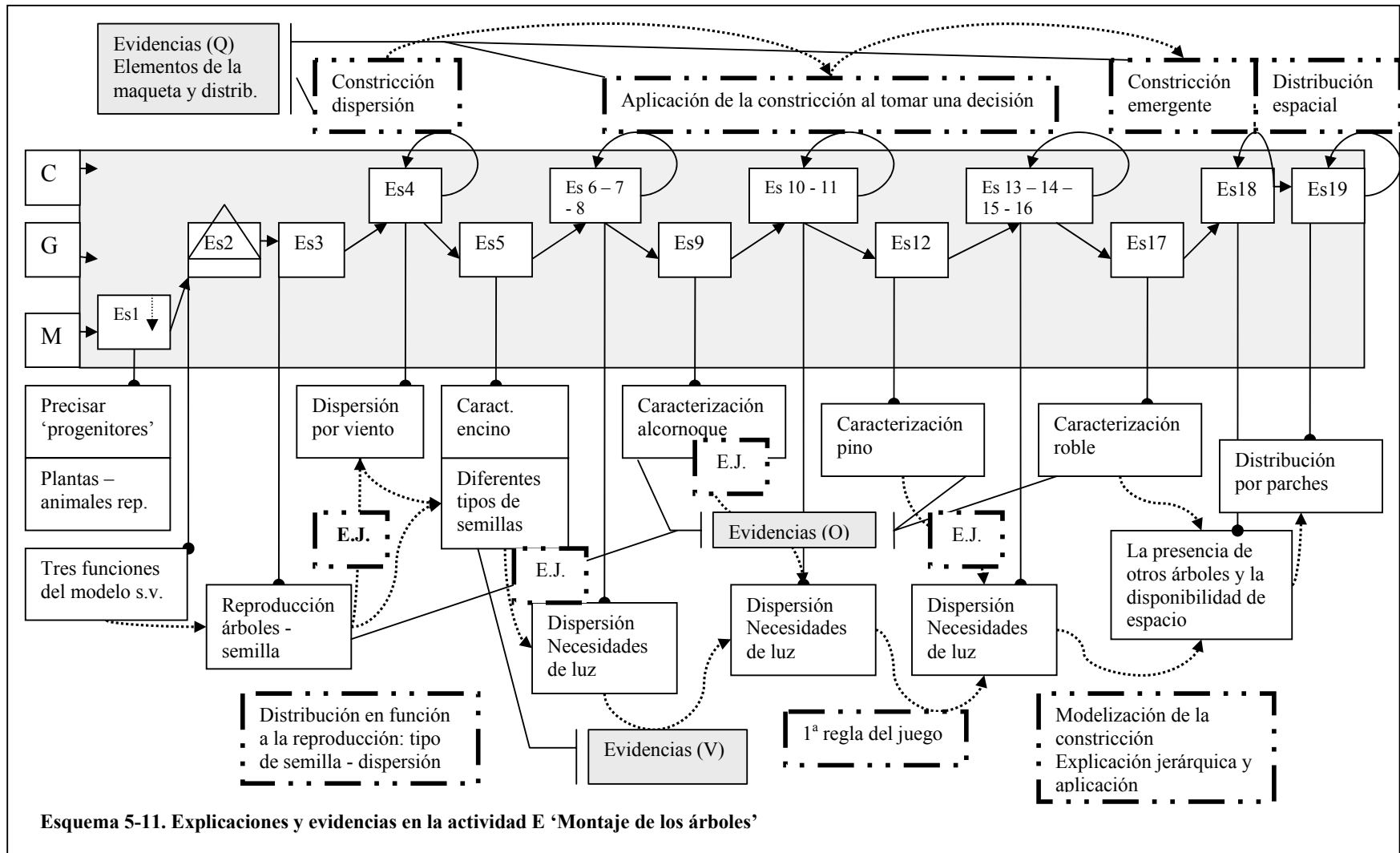
### **5.3.2.2. Respecto a quién promueve la evidencia**

En este caso llamamos la atención sobre las secuencias donde la evidencia es promovida por los *alumnos/as*. *En todas ellas (excepto la Es17) la evidencia proviene de la maqueta*. Esto indica que *la necesidad de realizar la acción de colocar el árbol lleva a los escolares a generar la evidencia*. Como resaltamos en los datos obtenidos, la mitad del total de las evidencias utilizadas en esta actividad son aportadas por los escolares *ello también indica que la maqueta es fuente accesible de evidencias para los escolares*.

Por otra parte las evidencias por observación son generadas en su mayoría en interacción.

### **5.3.2.3. Síntesis de evidencias: Las observaciones en interacción para las generalizaciones, la maqueta por los escolares para las constricciones**

Para visualizar los momentos en que se presentan evidencias y los procesos de construcción del modelo que apoyan, hemos complementado el esquema resumen 5-10, situando las evidencias y generando el esquema resumen 5-11. Presentamos las evidencias en recuadros de tipo ‘llamada’ usando una línea continua y un sombreado gris que nos permite identificarlas como elementos nuevos.





Podemos interpretar respecto las evidencias de la actividad E lo siguiente:

1. En relación al tipo de evidencias, se encontraron fundamentadas en la **observación directa de semillas y hojas** de los árboles, evidencias debidas a la **maqueta, especialmente a las relaciones espaciales** y evidencias que se basan en recuperar **experiencias anteriores del alumnado**.
2. En relación a la construcción del modelo de ser vivo encontramos que todas las evidencias **refuerzan los momentos de construcción de nuevos significados del modelo ser vivo** en sus dos vertientes: al interior de una secuencia discursiva y entre secuencias discursivas.
  - 2.1. Respecto a las evidencias que apoyan nuevos significados del modelo construidos **dentro de una misma secuencia discursiva**.
    - 2.1.1. En cuanto al tipo de evidencia, ésta proviene de la **observación para las secuencias de generalización y de la maqueta para las secuencias de construcción**. Las primeras son aportadas en interacción o por la docente y las segundas básicamente por los escolares.
    - 2.1.2. Específicamente en las secuencias de construcción **la maqueta permite generar una visión particular** donde los escolares identifican los elementos presentes: árboles, terreno disponible y luz y también una **visión paisajística**, donde los escolares integran los elementos para generar la idea de bosque como conjunto de elementos que se condicionan mutuamente y donde conciben las relaciones y visualizan constricciones. Así, **la maqueta permite generar dos puntos de observación uno particular y uno general, que se complementan y condicionan mutuamente**.
  - 2.2. Respecto a los nuevos significados se produce **entre secuencias discursivas**.
    - 2.2.1. Para los que se construyen entre secuencias **de generalización y construcción**, observamos que en la generalización se utiliza la **observación de la semilla**, elemento clave en la reproducción en árboles, complementándose con **experiencias anteriores** de los escolares que apoya la existencia de **diferentes formas y tamaños de semillas**. Por otro lado, la evidencia por **maqueta**, se utiliza **para generar la construcción** donde se relacionan las características de forma y peso de la semilla con sus posibilidades de dispersión. Así, encontramos que los **tres tipos de evidencias se complementan y confluyen para apoyar la generación de la explicación jerárquicamente anidada**.

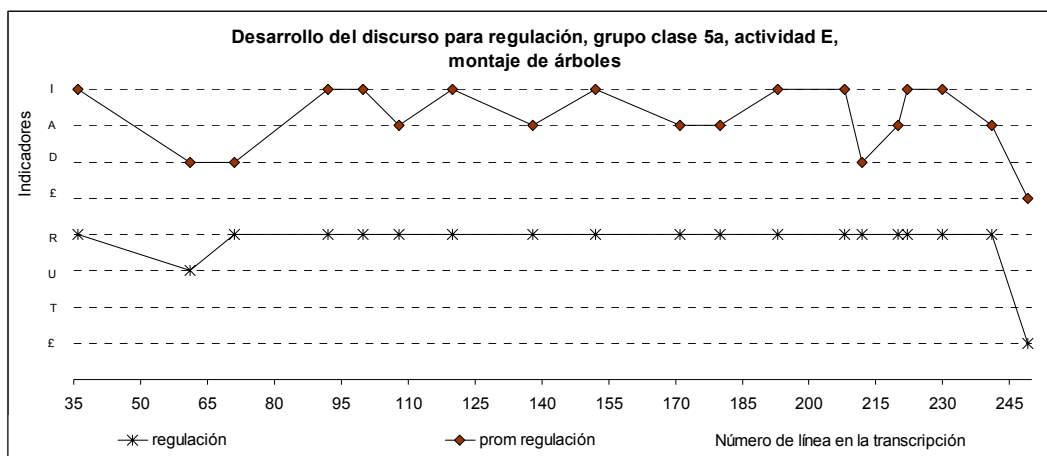
## 5. Análisis de la actividad E 'Montaje de los árboles'

2.2.2. Para los que se construyen **entre secuencias de tipo constricción**, interpretamos que **la maqueta permite la visualización de las constricciones y su utilización en la toma de decisiones por parte de los escolares**, la cual les es accesible ya que ellos la utilizan con abundancia **como fuente de evidencias**.

3. Respecto a los **diez movimientos escalares** que se identificaron. Encontramos que **las evidencias por observación se presentan preferentemente en las secuencias de generalización**, mientras **las de maqueta en las secuencias de constricciones**. Esto **apoya la hipótesis de que la maqueta favorece la visualización y generación de constricciones**.
4. Respecto a **la maqueta como instrumento mediador**, encontramos que la acción directa sobre ésta produce un 'diálogo' dando posibilidades a la acción de los escolares o impidiéndola y generando comentarios ante dichas posibilidades, los cuales no se generan en el dialogo docentes–escolares, así **la maqueta se constituye en un tercer actor de la interacción** (además de las docentes y los alumnos).

### 5.3.3. Análisis de la regulación

A continuación se presenta el análisis de los indicadores relacionados con la regulación para la actividad E. En la gráfica 5-9 presentamos en el eje de las ordenadas: *sin regulación* (£), *transformación* (T), *uso* (U), *regulación* (R), *docente* (D), *alumnos/as* (A) e *interacción* (I), en el eje de las abscisas se presenta el número de línea de la transcripción.



Gráfica 5-9. Distribución en el tiempo de los indicadores relacionados con regulación y quién la promueve, en la actividad E 'Montaje de los árboles'.

### 5.3.3.1. La regulación

En la primera secuencia *Es1* encontramos **regulación** la idea progenitores. Aquí una niña aporta una parte de la idea y la docente la complementa incluyendo a las plantas.

#### Fragmento Es1

D1.- .... miren como estamos **en clase de ciencias vamos a hablar y actuar como hacen los científicos** | y son dos cosas importantes | los científicos **usan el lenguaje científico** | ...  
| **quién me dice un ejemplo** de palabra que hemos aprendido que usan los científicos

...

No.- **excertar** (*en susurro*)

D1.- Josy

Na.- **excretar**

D1.- vale | se acuerdan de una palabra que era **progenitores**?

No.- = = si = =

Na.- ahh

D1.- si? **cuáles eran los progenitores**?

...

Na.- **son los animales | que | que cuando tienen hijos pues salen igual**

D1.- aja | como los padres | pero dijimos que los padres se usa mucho para las personas | pero por ejemplo **los árboles cuando tienen una semilla el progenitor sería el árbol que produjo la semilla....| la segunda cosa los científicos siempre dicen los porque de las cosas** | así que cuando vengán a poner su árbol **tienen que decir el porque lo ponen ahí ...**

En esta secuencia *la regulación se extiende a otros aspectos más sutiles, como la idea de que hay cierta forma de hablar de los científicos*, usando las palabras científicas y siempre diciendo el por qué de las cosas. De hecho, la regulación de la idea ‘progenitores’ sirve como ejemplo de esta forma en que han de expresarse los niños y las niñas que, según la docente siguiere, es la adecuada para la clase de ciencias.

Como se puede observar en el fragmento anterior, los escolares eligen como primer ejemplo la palabra ‘excretar’, ya regulada en la actividad A ‘Construcción del esquema ser vivo’. Sin embargo, la maestra propone otra: ‘progenitores’. Esto puede deberse a que por una parte la palabra ‘excretar’ parece estar ya integrada en el lenguaje de los niños<sup>2</sup>, mientras no así la de ‘progenitores’. Por otra parte, en esta actividad E, la reproducción es la función que se utiliza para dar sentido a las decisiones de los escolares y la palabra ‘progenitores’ conecta con dicha función. Así, una parte de la regulación se produce ante la solicitud de la docente de precisar el significado de dicha palabra. Esta palabra se define en términos generales en la conversación respecto a los animales y las plantas.

<sup>2</sup> Observamos que los escolares ya la utilizan en la actividad B ‘Entrega del esquema ser vivo’, D ‘Maqueta sin seres vivos’ y en algunas notas del diario de investigación.

## 5. Análisis de la actividad E 'Montaje de los árboles'

La **regulación** de palabras se presenta también en las secuencias *Es9*, *Es14* y *Es17*. Donde la docente solicita el significado de: 'suro' (corcho), 'rebrotar' y 'hoja caduca'. Esta solicitud de significados no se realiza en términos abstractos y generales sino referidos a ejemplos específicos.

Por otra parte en la secuencia *Es2* identificamos **uso** de las palabras 'reproducción', 'relación' y 'nutrición', que han sido objeto de regulación en otras actividades.

A partir de la secuencia *Es3* se encuentra que todas las secuencias presentan **regulación**, excepto la última, la *Es19*. En la secuencia *Es3* la **regulación** se refiere a la idea de reproducción. Aquí se introduce la idea de la semilla como elemento esencial en la reproducción de los árboles.

En las secuencias *Es4* y *Es5* identificamos **regulación** sobre la idea de la posibilidad de dispersión de semillas. Esta regulación apoya la generación de la constricción que, tal como observamos en la sección de explicaciones, determina la ubicación de los árboles en la maqueta.

### Fragmento Es4

D1.- **se la podrá llevar el viento | qué piensan?**

No.- el viento?

No.- no | cae

No.- = = no

En la secuencia *Es6*, la **regulación** tiene que ver con la decisión de los escolares y con la acción. *Se encuentra por primera vez este tipo de regulación que no se refiere a las ideas sino a la acción.* En este caso, como puede observarse en el fragmento, se está planificando la acción, para tomar la decisión de qué hacer, basándose en los argumentos proporcionados por la constricción.

### Fragmento Es6

D1.- **cómo los pondrían** separados o todos juntos?

No.- no se

Na.- en el mismo sitio pero **un poco separados**

No.- = = **todos juntos**

D1.- por qué todos juntos Abraham?

No.- **per que acabamos de decir | que la semilla no se la lleva el viento**

Na.- **las semillas se caen al lado y si se cae al lado debe de crecer al lado**

En las secuencias *Es7* y *Es8* los escolares colocan sus árboles. Nuevamente se observa la **regulación en la toma de decisiones y la acción.**

La distinción entre *regulación de la acción* y *regulación de las ideas* puede ser polémica. De hecho, como se ha expresado en el marco teórico de este informe, se parte de la idea de que lenguaje, pensamiento y acción son interdependientes, en

tanto se adquiere una nueva estructura semántica al mismo tiempo que una nueva forma de pensar, ver la realidad y actuar en el mundo.

En relación a lo anterior podemos decir que existen diversas interpretaciones del papel del lenguaje en la construcción del conocimiento. Una de ellas considera que hay una relación lineal y causal entre acción, pensamiento y lenguaje, y que podríamos intervenir en la enseñanza, directamente a través de una acción por parte de los niños y las niñas y como consecuencia se modificarían el pensamiento y el lenguaje. En este informe consideramos que la relación entre pensamiento, lenguaje y acción no es lineal ni causal, sino que hay una compleja interdependencia (Izquierdo, 2004 siguiendo a Guidoni, 1985) cuyas relaciones son desde hace tiempo motivo de numerosas investigaciones (Sutton, 1992; Lemke, 1997; Jorba, Gómez y Prat, 2000, entre otros).

Sin embargo, con una finalidad analítica, hemos distinguido entre estos dos tipos de regulación, considerando que en una determinada secuencia discursiva se prima la regulación del lenguaje o la de la acción. Como hemos mencionado se trata de actividades interrelacionadas, sin embargo se puede encontrar en el aula situaciones en las que se da más relevancia a una que otra.

En este trabajo consideramos a manera de hipótesis que *la posibilidad de actuar permite cargar de mayor significado a la experiencia, especialmente para los niños y las niñas que muestran menor desarrollo en las habilidades de lenguaje*. Dado que no es el tema de la presente investigación no ahondamos en esta hipótesis. Sin embargo, nos atrevemos a enunciarla. Parece que la manipulación de la maqueta permitió a los escolares con habilidades lingüísticas menos desarrolladas y que estaban en un proceso de integración tanto al grupo clase como al grupo comunidad social, por haber llegado al país recientemente, incorporarse al desarrollo de la manipulación y a través de la misma seguir el desarrollo de las transformaciones de la maqueta debidas a la perturbación simulada. *Nos parece que para este grupo de escolares la 'acción', más que el lenguaje, resultaba una forma factible de interacción.*

Ejemplifica esta consideración la manera en que la niña Nora participa en esta actividad. Como podemos observar en el fragmento siguiente, Nora actúa tomando en cuenta la construcción.

Fragmento Es8

D1.- no importa el orden | Nora | **dónde lo pondrías?**

Na.- **ahí**

...

Sin embargo, cuando la docente le solicita que explique el por qué de su decisión, ella no logra hacerlo. Como se observa en el fragmento siguiente, a pesar de que sus compañeros le dan 'pistas' ella se mantiene en silencio, sin embargo coloca su árbol

## 5. Análisis de la actividad E ‘Montaje de los árboles’

en el lugar adecuado tomando en cuenta la constricción. Nora es una escolar que está aprendiendo castellano y catalán y a la que se le dificulta expresarse.

### Fragmento Es8

...

D1.- **por qué lo pondrías ahí**

Na.- <...> (Nora)

D1.- a ver los de su equipo ayúdenle

No.- **Nora | Nora | ya lo hemos dicho antes y es algo de reproducción || es de reproducción**

Na.- <...> (Nora)

Ns.- [**hacen comentarios diversos**]

D1.- **silencio!**

Na.- [**lo pone en un lugar**]

D1.- lo vas a poner cerca de estas otras que han hecho tus compañeros | por qué?

No.- **Nora has un esfuerzo <...> por la semilla**

D1.- a ver mira las semillas caen aquí y crece un nuevo árbol | el equipo |

En el fragmento anterior observamos así mismo la participación de los escolares para apoyar la regulación de las ideas. La docente les solicita abiertamente su ayuda “a ver los de su equipo ayúdenle”. Probablemente esta actitud de su parte se debe a que considera que las aportaciones de los escolares pueden ser más significativas que la ayuda propia, debido a que sabe que la niña Nora se muestra tímida por su escaso manejo de la lengua (tanto castellano como catalán). Podemos observar que los escolares apoyan la regulación de la idea para ayudar a Nora a expresarse, aportando dos ideas clave que se han venido manejando: la reproducción y la semilla, “Nora, Nora, ya lo hemos dicho antes y es algo de reproducción, es de reproducción”, “Nora haz un esfuerzo. Por la semilla”.

Cabe hacer una reflexión sobre el análisis de las interacciones docente – alumnos que aquí se realizan. La secuencia *Es8* evidencia los diferentes grados de participación de los escolares en la interacción. Es de esperar que las participaciones de Nora en las interacciones analizadas sean escasas. *En este trabajo se analiza la interacción colectiva en la construcción de significados*, lo cual es una actividad común en las clases de ciencias, pero dado los diferentes grados de participación de los escolares, *es necesario continuar investigando respecto a la forma como cada niño y niña se apropian y hacen suya dicha construcción*.

En la secuencia *Es9* la **regulación** tiene que ver con la caracterización del alcornoque, concretamente de la palabra “corcho”. En este caso la presencia de corcho en la corteza es un aspecto que se resalta. Esto se debe a su relación con el fenómeno de los incendios forestales.

En las secuencias *Es10* y *Es11*, nuevamente la **regulación** se centra en la *toma de decisiones y la acción*. En el fragmento observamos cómo los escolares toman en cuenta la presencia de otros elementos en la maqueta: otros árboles; y también como matizan las distancias con el uso de expresiones como: “por aquí” o “más cerca”.

Fragmento Es11

No.- **al lado del encino**

D1.- por qué ahí?

No.- ponla

D1.- a ver antes dinos qué árbol es y cómo se reproduce y por qué lo vas a poner ahí?

No.- **perquè si cau una de aquestes llavors cauran per aquí**

Na.- la pondría por aquí | **porque es el mismo árbol**

D1.- y eso en que influye

Na.- que **si cau una llavor per aquí**

Na.- Maria **más cerca**

Na.- [la pone]

En la secuencia *Es12* se **regula** la caracterización del pino, especialmente en relación al tipo de semilla.

En las secuencias *Es13*, *Es14*, *Es15* y *Es16*, se **regula** la toma de decisiones y la acción respecto al lugar dónde colocar los árboles de pino, tomando en cuenta la movilidad de la semilla y la presencia de luz.

Por otra parte, en la secuencia *Es14* se presenta también la **regulación** de la idea rebrotar, dado que una niña menciona la palabra rebrotar refiriéndose a las semillas, por lo cual la docente hace un paréntesis en la conversación para precisar el significado de “rebrotar”.

Fragmento Es14

Na.- quan estem || **puc rebrotar les llavors**

D1.- rebrotar

D1.- **rebrotar significa**

No.- == que pueden crecer otra vez

D1.- **que pueden crecer pero de un árbol que ya ha crecido | no de la semilla**

A pesar de que se ha precisado el término, la alumna vuelve a utilizarlo en una secuencia posterior (*Es16*). Se puede observar que la docente no llama la atención nuevamente en este aspecto.

Fragmento Es16

Na.- a ver la voy a poner aquí | **porque la semilla puede | puede rebrotar**

La transcripción de las conversaciones que hemos realizado es estándar, dado que el objetivo de esta investigación es analizar el papel de la maqueta en la generación de significados durante la construcción del modelo ‘ser vivo’. Este tipo de transcripción homogeneiza la velocidad de las interacciones. Sin embargo, en la secuencia *Es16* los escolares estaban colocando los árboles en la maqueta y había una fuerte actividad en el aula, los niños se estaban moviendo alrededor de la maqueta. Igualmente nos encontrábamos cerca del final de la actividad y la inquietud de los escolares iba en aumento. Consideramos que este tipo de situaciones de aula, que muchas veces no quedan reflejadas en las transcripciones, influyen en la toma de

## 5. Análisis de la actividad E ‘Montaje de los árboles’

decisiones de las docentes sobre profundizar o retomar contenidos. En este caso específico, como hemos mencionado, la docente no profundiza, aclarando la expresión de la escolar.

En la secuencia *Es17* se **regula** la caracterización del roble. Especialmente se hace énfasis en el tipo de hoja “caduca”.

### Fragmento Es17

Na.- es una hoja caduca | que **caduca**

D1.- **quiere decir**

No.- = = que se cae en el invierno

En la secuencia *Es18* se **regula** la acción relacionada a la ubicación de los prototipos de roble.

### Fragmento Es18

Na.- juntas | perquè també pesen molt

D1.- **dónde lo pondrías?**

Na.- **aquí porque ahí hay espacio**

Na.- **aquí porque ha crecido aquí**

No.- **yo lo pongo aquí | es donde caería la semilla**

Na.- **la posaría aquí | perquè pesa molt el fruit i si cau cauria aquí a baix**

En términos generales podemos decir que *se han identificado tres tipos de regulación* en esta actividad E : a) *la regulación de las ideas*, b) *la regulación de la acción* y c) *la regulación del lenguaje*.

La regulación de las ideas se presenta básicamente en las secuencias de caracterización de las especies de árboles, que son de tipo generalización. Igualmente se regulan las ideas al generar la constricción en las secuencias *Es4* y *Es5*. La regulación de la acción, se genera ante la necesidad de colocar en ‘alguna parte’ cada árbol. Por otra parte la regulación del lenguaje se presenta ante las peticiones directas de la docente para aclarar vocabulario, especialmente del tipo ¿qué significa? Finalmente podemos decir que *la constricción se genera a nivel teórico y se aplica prácticamente en la maqueta. En este sentido la maqueta tiene un papel en la regulación de la acción*.

Por otra parte, observamos también la forma cómo *la constricción se constituye en una regla del juego de la modelización que regula la acción respecto a dónde se puede o no colocar los árboles*, en este caso el tomar en consideración las constricciones. Las reglas del juego resultan importantes en la simulación ya que *permiten colocar a la maqueta como mediador* entre el fenómeno de referencia (en este caso el bosque mediterráneo con sus árboles distribuidos de cierta manera) y las ideas de partida de los escolares. La maqueta simplifica el sistema de referencia de tal forma que es accesible a los escolares pero, como mediador, es de interés que conserve los elementos y relaciones relevantes para la construcción del modelo ser



vivo. Por tanto, las reglas del juego permiten asegurar que dichos elementos y dichas relaciones se tomen en cuenta.

Tal como encontramos en la sección de explicaciones *en esta actividad E se presenta la primera regla general del juego: “Para colocar un elemento en la maqueta, tomaremos en cuenta las constricciones”*. En su enunciación particular: *“Para colocar los árboles en la maqueta tomaremos en cuenta la presencia de otros árboles, la dispersión de semillas, los requerimientos de luz de la especie”*.

Aunque la distribución de los árboles en los bosques mediterráneos esta condicionada también por diversos factores (Terradas, 2001), la simulación en la maqueta, para ser accesible a los escolares, ha de situarse en un nivel de complejidad adecuado a sus intereses e ideas de partida. Una discusión posible se relacionaría con delimitar si los factores tomados en cuenta en esta actividad son los más idóneos para cumplir el requisito anterior y además son relevantes para el modelo ser vivo.

En este caso nuestro análisis indica que los escolares han podido establecer una relación entre sus ideas de partida y la aplicación de la regla del juego. Por otra parte la obtención final de una distribución agregada de los árboles permite pensar que *las variables utilizadas como constricciones han sido las adecuadas*. Sin embargo, y tal como observamos en la sección de explicaciones *las secuencias de mecanismos están ausentes*. Por lo anterior la relación entre la constricción y el mecanismo no se ha establecido en esta actividad. Según hemos propuesto en este trabajo la relación entre los tres niveles escalares es recomendable para trabajar desde la interacción, por lo que sería conveniente incorporar los mecanismos.

Este análisis pone de manifiesto que la constricción elegida por las docentes para el montaje de los árboles incluye unos elementos dejando de lado otros. Esta elección forma parte de la transposición didáctica, que en la ciencia escolar toma en cuenta, entre los factores más importantes, el modelo a construir y las ideas e intereses de partida de los escolares para que les sea significativo.

Esta transposición didáctica es una de las funciones claves del profesor y de altísima complejidad, por lo que la investigación en didáctica de las ciencias ha de aportar elementos que le ayuden a dicha toma de decisiones.

### **5.3.3.2. Respecto a quién promueve la regulación**

Las secuencias de regulación donde la *docente* la promueve son la *Es2*, *Es3*, *Es12* y *Es14*. En la primera *Es2* la *docente* utiliza en su discurso ideas reguladas con antelación: reproducción, nutrición y relación. En las otras tres *Es3*, *Es12* y *Es14* es la docente la que aporta la información significativa para la regulación.

## 5. Análisis de la actividad E 'Montaje de los árboles'

Las secuencias en las que la regulación es promovida en **interacción** son las *Es1*, *Es4*, *Es5*, *Es7*, *Es9*, *Es13*, *Es16* y *Es17*. En estas se puede observar que las aportaciones de la docente y de los escolares son significativas para la regulación. Un ejemplo lo presentamos en la siguiente secuencia donde, para regular la idea de hoja caduca, la pregunta de la docente es significativa pero también lo es la respuesta de la niña.

### Fragmento Es17

Na.- es una hoja **caduca** | que caduca

D1.- quiere decir

No.- = = que se cae en el invierno

Por otra parte, en las secuencias *Es6*, *Es 8*, *Es10*, *Es11*, *Es15* y *Es18*, identificamos regulación por los **alumnos/as**, se pueden identificar dos tipos de regulación: *la co-regulación* y *la autorregulación*. La co-regulación se produce entre alumnos. Un ejemplo lo encontramos en el fragmento siguiente.

### Fragmento Es8

D1.- no importa el orden | Nora | dónde lo pondrías?

Na.- ahí

D1.- por qué lo pondrías ahí

Na.- <...>

D1.- a ver los de su equipo ayúdenle

No.- **Nora | Nora | ya lo hemos dicho antes y es algo de reproducción** || es de reproducción

Na.- <...>

Ns.- [hacen comentarios diversos]

D1.- silencio!

Na.- [lo pone en un lugar]

D1.- lo vas a poner cerca de estas otras que han hecho tus compañeros | por qué?

No.- **Nora haz un esfuerzo <...> por la semilla**

D1.- a ver mira las semillas caen aquí y crece un nuevo árbol | el equipo |

En el fragmento anterior la docente solicita a los escolares que ayuden a su compañera. Los escolares lo asumen y proporcionan diversas ayudas que van dirigidas a regular la justificación de la niña. Si bien, no se observa el resultado de la co-regulación, este ejemplo muestra una de las posibles formas en que aquí se presenta.

Otros ejemplos de co-regulación se presentan en lo que se ha llamado regulación de la acción. En estos casos los escolares indican a otro/a una ubicación alternativa o corrigen la ubicación elegida. Muestras de esto las observamos en los fragmentos siguientes.

### Fragmento Es6

No.- no sé

Na.- en el mismo sitio pero **un poco separados**

No.- = **todos juntos**

Fragmento Es7

No.- **está muy cerca de la montaña** ((dirigiéndose a Javi))

D1.- mira Javi tienes que apretar aquí para que se pueda [ponen el árbol]

Fragmento Es11

D1.- donde tu quieras Marisol | ahí?

Ns.- **ahí no era** ((se dirige a Marisol))

...

Na.- que si cau una llavor per aquí

Na.- **María más cerca**

Na.- [la pone]

Fragmento Es15

Na.- este lo voy a poner lejos del otro pino | **los piñones pueden ir muy lejos**

No.- **también muy cerca**

La *autorregulación* podemos identificarla en las reflexiones de los escolares respecto al lugar donde poner sus árboles, espacialmente cuando lo hacen sin que medie la pregunta de la docente, como observamos en el fragmento siguiente.

Fragmento Es18

D1.- y cómo crees que crecerán juntas o separadas?

Na.- juntas | perquè també pesen molt

D1.- dónde lo pondrías?

Na.- **aquí porque ahí hay espacio**

Na.- **aquí porque ha crecido aquí**

No.- **yo lo pongo aquí | es donde caería la semilla**

Na.- **la posaría aquí | perquè pesa molt el fruit i si cau cauria aquí baix**

No.- yo | ehh | aquí || eh perquè la llavor cau || pesa molt | cau a prop

En el fragmento anterior la docente genera la pregunta “¿dónde lo pondrías?”, sin embargo ya no pregunta el porqué, ni realiza ninguna otra intervención. Los escolares van regulando ellos mismos sus acciones en función de la constrictión y deciden dónde colocar sus árboles, realizando una justificación que va dirigida a la docente o a los compañeros, pero en última instancia a ellos mismos.

### **5.3.3.3. Síntesis de la regulación: la regulación del lenguaje, de las ideas y de la acción**

Tomando en cuenta lo anterior construimos el esquema resumen 5-12 donde integramos nuestras interpretaciones respecto a la regulación y transformación del lenguaje en recuadros tipo ‘llamada’ con línea punteada y con fondo verde claro. En síntesis sobre la regulación en la actividad E, podemos decir:

## 5. Análisis de la actividad E 'Montaje de los árboles'

1. Identificamos **tres aspectos de regulación** en la actividad E: **la regulación del lenguaje, la regulación de las ideas y la regulación de la acción**. Esta distinción puede ser polémica, en este caso la realizamos con fines analíticos, ya que consideramos que lenguaje, pensamiento y acción están interrelacionados en tanto se construye una nueva estructura semántica al mismo tiempo que una forma de pensar y actuar.

### 1.1. La regulación **del lenguaje**

1.1.1. Se produce **ante la solicitud directa de la docente** para aclarar palabras usadas por los escolares en sus argumentaciones. Éstas son: “corcho”, “rebrotar” y “hoja caduca”. Por otra parte la palabra “progenitores” es introducida por la docente con la finalidad de ejemplificar la forma como se habla en clase de ciencias: utilizando el vocabulario científico y diciendo el por qué de las cosas.

1.1.2. Esta forma de regulación se presentan en secuencias tipo **generalización** y se da en torno a ejemplos específicos de aplicación.

### 1.2. La regulación **de las ideas**

1.2.1. Se regula la **caracterización de las especies** de árboles que serán colocadas en la maqueta.

1.2.2. Se encuentra principalmente en las secuencias de **generalización**.

### 1.3. La regulación **de la acción**

1.3.1. En la regulación de la acción se encontró **alta participación de los escolares dándose co-regulación y auto-regulación**. Esto apoya la idea de que **la simulación en la maqueta es una herramienta accesible a los escolares** propiciando su participación significativa en la construcción de los significados del modelo ser vivo, especialmente en las constricciones.

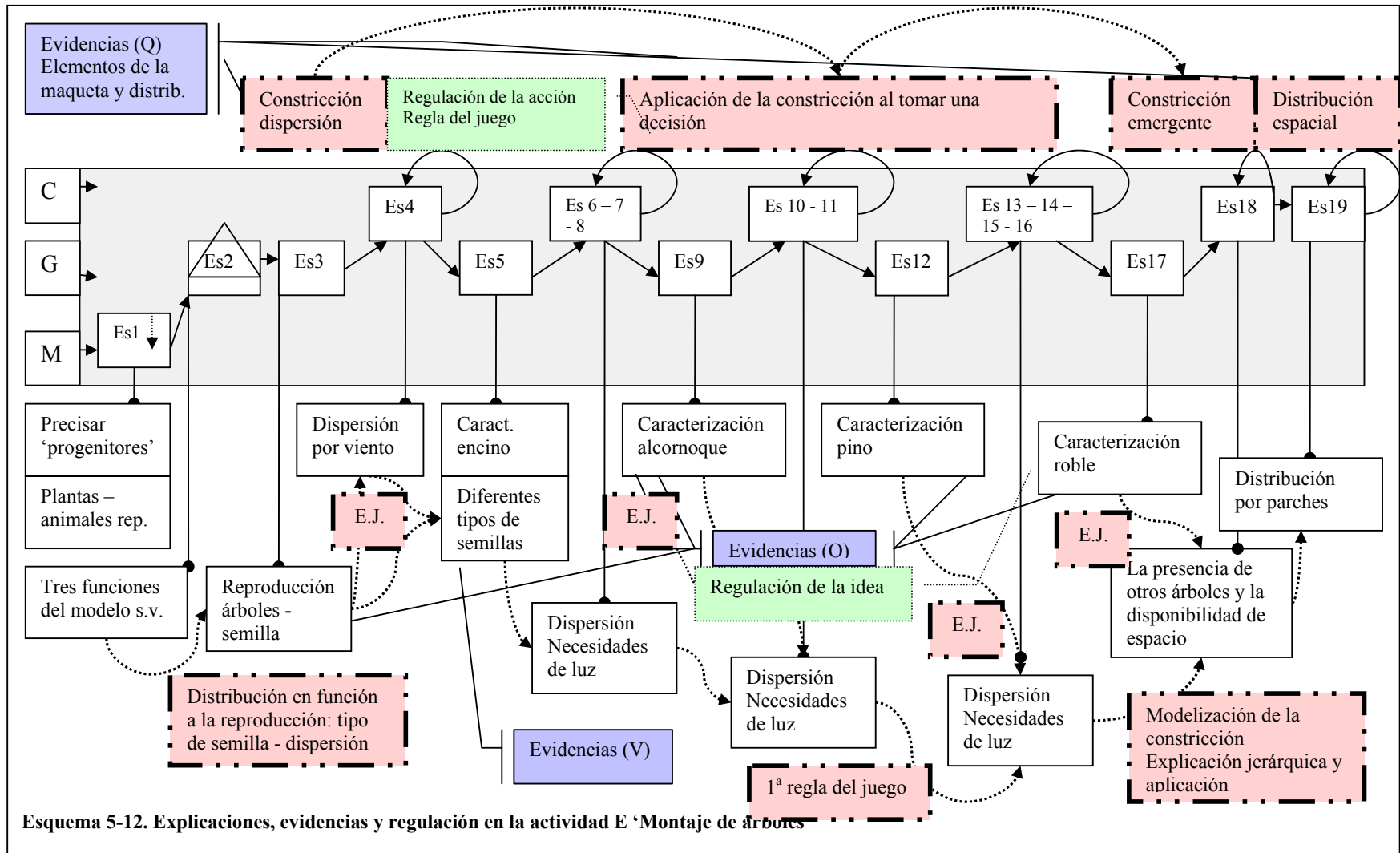
1.3.2. Se presenta en secuencias de tipo constricción y se **relaciona con el hecho de colocar los árboles en la maqueta** en un sitio preciso.

## 2. **En cuanto a la maqueta**

- 2.1. La acción directa sobre la maqueta al colocar los árboles posibilita participar a los escolares con diferentes niveles de desarrollo lingüístico, dado que les es factible seguir el desarrollo de las transformaciones de la maqueta debidas a la perturbación simulada, y tomar decisiones; planteamos la hipótesis de que esto les permite cargar de mayor significado a la experiencia y aunque no participan activamente en la conversación se integran mediante la acción

a la simulación. Esto llevaría a pensar que **la maqueta apoya la construcción en interacción y es u mediador entre los diferentes niveles de construcción del modelo ser vivo de los escolares.**

- 2.2. La regulación tiene como referente a la maqueta y la primera regla del juego: “Para colocar un elemento en la maqueta, tomaremos en cuenta las constricciones” lo que permite ubicar a **la simulación – maqueta como un mediador entre una realidad compleja y las ideas de partida de los escolares.**



## 5.4. Actividad G ‘Simulación de un incendio’

En esta actividad G se realiza la primera manipulación de la maqueta bajo la hipótesis del incendio forestal. Antes de iniciar la simulación del incendio se efectuó la regulación del ejercicio escrito, sobre ¿qué es el medio para un invertebrado?, llevado a cabo en la clase anterior por los escolares. Posteriormente los escolares se desplazaron alrededor de la maqueta, que estaba colocada en la parte posterior del aula, y formaron un semicírculo. Una vez organizados se comenzó a simular el incendio, con unas flamas de cartón que ellas y ellos fueron colocando. En función a lo que argumentaban, los escolares movían a los animales. La pregunta que guió la conversación fue “¿Qué sucede con los seres vivos cuando hay un incendio?” Uno de los momentos de la simulación se observa en la fotografía 5-3.

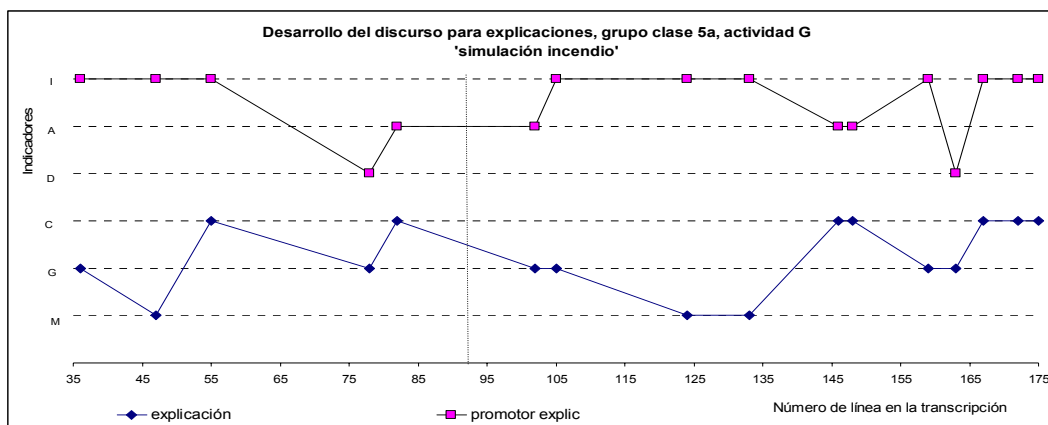


Fotografía 5-3. Simulación de incendio en la maqueta. Dos escolares moviendo los seres vivos que huyen.

### 5.4.1. Análisis de las explicaciones

A continuación realizamos el análisis de las explicaciones de la actividad G, tomando en cuenta las secuencias discursivas que identificamos en la segunda etapa del análisis. En la gráfica 5-7 podemos observar el desarrollo en el tiempo de las secuencias discursivas, en el eje de las ordenadas: *mecanismos* (M), *generalizaciones* (G), *constricciones* (C), *docentes* (D), *alumno/a* (A), *interacción* (I), en el eje de las abscisas los números de línea de la transcripción.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G 'Simulación de un incendio'



Gráfica 5-7. Desarrollo del discurso para las explicaciones y quién promueve la actividad de explicación en la actividad G 'Simulación incendio'

Podemos ver en la gráfica que dividimos la conversación en 16 secuencias discursivas. En la misma presentamos una línea punteada que indica el momento en que se inicia la simulación. Como hemos comentado, antes de la simulación se realizó una actividad de regulación, las secuencias a la izquierda de la línea punteada pertenecen a dicha regulación.

### 5.4.1.1. Las explicaciones

En las primeras cuatro secuencias de esta sesión (*Gs1*, *Gs2*, *Gs3* y *Gs4*), se realiza la regulación del ejercicio que los niños y las niñas hicieron en la clase anterior sobre lo que significa 'el medio' para un invertebrado.

En la secuencia *Gs1*, que identificamos como de **generalización tipo condensación**, la docente invita a los escolares a retomar la organización de las ideas del modelo ser vivo a través de las tres funciones, para llamar la atención sobre lo que los escolares han puesto o no en el ejercicio.

#### Fragmento Gs1

D1.- yo revisé todo lo que habían escrito y solamente toman en cuenta parte de las ideas que hemos dicho que son importantes cuando pensamos en los **seres vivos**. Dijimos tres cosas | qué tres cosas son importantes para los seres vivos?

No.- la **nutrición**

**Generalización.**- Identificación del patrón del fenómeno. Situada en el nivel organismo.

- **Gen. por condensación.**- Frase sumaria de varias observaciones.
- **Gen. por simplificación.**- Identificación de la esencia del fenómeno.
- **Gen. por unificación.**- Emparejamiento de dominios

**Mecanismo.**- Mirada al nivel inferior de organización. Explica causalmente el patrón del fenómeno

**Constricción.**- Mirada al nivel superior de organización. Explica causalmente las limitantes del fenómeno.



No.- la **reproducción**  
 D1.- qué otra?  
 Ns.- [comentarios]  
 Na.- la **excreción**  
 Na.- excretan  
 D1.- excretar de qué es parte?  
 Na.- de la nutrición

Como podemos ver en el fragmento anterior los escolares enuncian dos de las funciones: nutrición y reproducción. Posteriormente mencionan la excreción, que con la ayuda de la docente incluyen en la nutrición. Los escolares pueden estar reelaborando sus modelos intermediarios al *reorganizar las ideas incluyéndolas en categorías superiores*. En este caso las tres categorías superiores son las tres funciones del modelo ser vivo.

En la secuencia *Gs2*, se realiza un *movimiento escalar* hacia **mecanismos** propiciado por el comentario de una alumna sobre la captación de estímulos en animales, que focaliza la conversación en la función de relación.

En otras actividades hemos descrito que una de las formas en que se produce un movimiento escalar a mecanismos es a través de precisar *el significado de las palabras*, lo llamamos un tipo de *pregunta indirecta*. En este caso nos llama la atención que se trata del mismo proceso, sin embargo éste se da en sentido inverso. Es decir, los escolares no recuerdan la palabra para nombrar la función, sin embargo recuerdan qué sucede, o el mecanismo explicativo, y lo explicitan y es la docente la que posteriormente enuncia la función “eso era la relación”. A este proceso le hemos llamado *descripción por omisión*, ya que se omite el nombre de la función o proceso, pero se le describe. En el fragmento siguiente observamos la descripción por omisión.

Fragmento Gs2  
 Na.- **lo de captar información**  
 D1.- captar información del medio | **cómo le decíamos a esa información**  
 Ns.- [comentarios]  
 Na.- **estí || es ||**  
 D1.- **es | tí | mu | los ||**  
 D1.- **habíamos dicho que eso era la relación |**

A diferencia del proceso que analizamos en la secuencia *Gs1*, en el que la excreción se organizaba en una categoría superior (la nutrición), en este caso la descripción por omisión da cuenta del proceso. En ésta se *clarifica la finalidad de la función* y se le da un nombre. Esta también es una forma de organizar y jerarquizar las ideas, que como hemos mencionado es una forma en que los modelos de los escolares pueden desarrollarse.

En la secuencia *Gs3* la docente gestiona la conversación para relacionar el medio con la función de reproducción, centrándose en la necesidad de una pareja para cualquier

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G ‘Simulación de un incendio’

insecto que los escolares hubieran elegido en el ejercicio realizado. Esto genera un *movimiento escalar* hacia **constricción**. Así, se enfoca la conversación en la reproducción. Dado que la docente está realizando una regulación del ejercicio, se transita en poco tiempo de una función a otra.

En este proceso observamos que la docente utiliza el *formato de pregunta indirecta de precisar el significado de las palabras*, del tipo “¿qué significa...?” concretamente “¿qué significa reproducirse?”. Esto permite a los escolares ubicar el proceso de reproducción e identificar una de las constricciones que determinan que ésta se dé (la pareja).

### Fragmento Gs3

D1.- unos tomaron en cuenta la reproducción | me dijeron que **el insecto tenía en su medio** | alrededor || **qué podría necesitar para reproducirse?**

Na.- las semillas

D1.- en las plantas hablamos de las semillas pero para un insecto qué será importante que tenga en su medio? | para reproducirse?

Na.- la naturaleza

D1.- la naturaleza es muy general | qué necesita **para reproducirse?**

Na.- pero **cuál insecto** | según que insecto

No.- **la nutrición**

D1.- por qué la nutrición

No.- porque es importante para los seres vivos | para poder sobrevivir

D1.- pero por qué es importante?

No.- <...>

D1.- a ver | pensemos en la reproducción | **qué necesitaría un insecto de palo para poderse reproducir?**

Na.- tiene que protegerse

D1.- protegerse | nutrirse | pero para reproducirse qué necesita? | **qué significa reproducirse?**

No.- **la pareja**

D1.- la pareja | claro

Ns.- [risas]

D1.- necesita una pareja

Na.- yo lo dije y el lo repitió

D1.- bueno no importa quién lo diga lo importante es que ahora todos lo tenemos que tener en nuestra cabecita | **entonces en su medio necesita una pareja | verdad?...**

Sobre este fragmento nos llaman la atención dos aspectos: la gestión de la conversación por la docente y la superación de la dicotomía plantas – animales de la que hablamos en la actividad A ‘Construcción del esquema ser vivo’.

Respecto a la gestión de la conversación podemos observar que los escolares mencionan diferentes elementos que de hecho pueden relacionarse con la reproducción. Sus respuestas no son erróneas, sin embargo la docente las descarta ya que busca una respuesta específica: la pareja. La pareja constituye una idea importante en la reproducción sexual. La docente intenta que los escolares *amplíen los elementos que toman en consideración dentro de cada función*. Según Lemke

(1997), la docente busca que el patrón temático de los niños se acerque a su patrón temático, que es del modelo ser vivo que se construye.

En esta secuencia la docente no sigue el curso de las ideas de los escolares, como hemos descrito en otras secuencias, en las que dirige la negociación utilizando lo que hemos llamado *flecha de dirección*. En este caso, no explora ninguna de las ideas de los escolares, solamente hace algunas aclaraciones como para la semilla (“en las plantas hablamos de las semillas pero para un insecto ¿qué será importante que tenga en su medio?, para reproducirse?”) Esto puede deberse a que, como hemos mencionado, *la docente desea llamar la atención sobre aspectos específicos* que los escolares no han considerado en sus redacciones.

Respecto a la superación de la dicotomía plantas – animales, de la cual hablamos en la actividad A ‘Construcción del esquema ser vivo’, resulta interesante que una de las alumnas menciona las semillas cuando se habla de la reproducción. Si bien en esta conversación la reproducción está enfocada en animales, específicamente insectos, la niña menciona de manera casi automática la semilla. Como hemos visto en las actividades anteriores, la semilla ha desempeñado un papel importante en la generación de nuevos significados; especialmente en el montaje de los árboles (actividad E), su relación con la reproducción y el tipo de dispersión como constricción, fue un elemento esencial para la toma de decisiones. Al expresar de manera espontánea la asociación entre semilla y reproducción, se puede pensar que la niña *ha superado la dicotomía plantas – animales*, al hablar directamente de la reproducción de las plantas.

En la secuencia *Gs4*, se realiza un *movimiento escalar* hacia **generalización tipo condensación**. Al igual que en la secuencia *Gs1* se enuncian las tres funciones del modelo ser vivo dado que la docente solicita a los escolares reflexionar sobre esto al revisar el ejercicio.

Fragmento Gs4

D1.- yo después les voy a regresar sus ejercicios y quiero que vean que les falta | **algunos sólo pensaron en la reproducción | otros en la nutrición | muy poquitos pensaron en la relación | si? || ahora vamos a intentar pensar no sólo en una cosa sino en las tres**

Antes de iniciar la simulación del incendio en la maqueta, en la secuencia *Gs5* que identificamos de **constricción**, observamos la petición de un niño solicitando agregar un elemento en la maqueta: agua. El niño identifica con ello una constricción relacionada con un ser vivo específico que él elaboró.

Fragmento Gs5

No.- **que habíamos dicho de poner un río o algo así**  
D1.- ah! bueno ahora me recuerdas **de darte para poner un poco de agua donde haz puesto tu | rana | porque le hace falta ||**

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G ‘Simulación de un incendio’

El grupo clase se organiza alrededor de la maqueta para iniciar la simulación del incendio. La primera secuencia en la simulación *Gs6* la hemos identificado como de **generalización tipo condensación**. Los escolares al hablar del incendio explicitan que los animales huyen y las aves salen volando. Esta idea también surgió, como primera idea de los escolares al hablar de los seres vivos en un incendio, en el ejercicio de exploración en esta unidad didáctica, y en las dos unidades didácticas realizadas previamente (Gómez, 2002).

### Fragmento Gs6

D1.- bueno muy bien Josy | ha empezado un incendio | pero bueno | **qué pasaría con todas las plantas y animales que hay**

Na.- **los pájaros volarían | las animales saldrían huyendo | los que están más cerca primero**

¿Qué pasa con los seres vivos cuando hay un incendio? Los animales huyen
-----------------------------------------------------------------------------

En la secuencia *Gs7*, que identificamos de **generalización tipo simplificación** la docente introduce una pregunta para buscar la explicación a la generalización tipo condensación realizada con anterioridad por los escolares.

### Fragmento Gs7

D1.- -- pasa a moverlos || y **cómo es que las aves saben que hay un incendio?**

Na.- porque vuelan

D1.- a ver porque vuelan no | vuelan porque saben que hay un incendio/

No.- porque lo ven

Observamos la utilización de una pregunta de formato: ¿cómo es que un ser vivo ‘sabe’ qué sucede en el medio? Este tipo de pregunta ya se ha presentado con antelación, le hemos llamado *pregunta de formato homogéneo*. Se podría esperar que los escolares la identificaran como una demanda para pasar a los mecanismos que tienen que ver con la función relación (captación de estímulos, tipo de estímulo y qué tipo de respuesta genera). Sin embargo, de la conversación se puede inferir que los escolares aún no han interiorizado este formato de pregunta dado que no dirigen su mirada a los mecanismos, por lo que la docente tiene que replantear la pregunta al menos una segunda vez.

### Fragmento Gs7

D1.- cuando estamos hablando de que las aves salen volando porque pueden ver | escuchar y oler el incendio | **de qué estamos hablando? | de estas tres?**

Los seres vivos ven, oyen y sienten
-------------------------------------

En el fragmento anterior observamos también que la docente llama la atención sobre el esquema de orientación, elaborado en las actividades iniciales de la unidad didáctica, al decir: “de estos tres”. Se refiere a las tres funciones del modelo ser vivo, representadas en el esquema. El esquema es una representación condensada del

modelo que permite a los escolares identificar las tres ideas o categorías más amplias y es un apoyo para que integren en dichas categorías los diferentes mecanismos explicativos. En este informe hemos detectado la dificultad de los escolares para pasar a dichos mecanismos.

Así, en la secuencia Gs7, aunque podemos inferir que la pregunta tiene la intención de llevar la mirada a los mecanismos explicativos, las respuestas de los escolares generan una secuencia de tipo **generalización por simplificación**, en la que se generaliza sobre la capacidad de las aves de percibir lo que sucede en el medio. En este caso, como observamos en el fragmento, la docente sigue la dirección marcada por los escolares.

Fragmento Gs7

Na.- **porque vuelan**

D1.- a ver porque vuelan no, vuelan porque saben que hay un incendio/

No.- **porque lo ven//**

Na.- **perquè fa olor**

Na.- **porque sienten el calor**

D1.- por ejemplo este que está aquí podría sentir el calor verdad?/

Ns.- sí

D1.- cuando estamos hablando de eso, de que ven, de que sienten y **podría ser que escucharan algo?**

No.- **sí las ondas**

D1.- las ondas de que?

No.- **del fuego**

Na.- **de calor/**

Na.- sí! puede ser

D1.- **puede ser que escucharan durante el incendio**

No.- prrrr

Hemos identificado esta secuencia como de tipo generalización aunque podemos observar en el fragmento que se hace alusión implícita a los cambios en las condiciones ambientales (que podría considerarse constricción), sin embargo los escolares no hacen una distinción clara entre condiciones del medio y captación de estímulos por parte del ave. Hay diferencias entre las formulaciones: “porque lo ven” y “perquè fa olor” (porque hace olor) o entre “porque sienten el calor” y la presencia de “ondas” “de calor” que no se explicitan. Finalmente la docente se sitúa en el nivel generalización al decir: “puede ser que escucharan durante el incendio”, es decir, -los seres vivos pueden percibir lo que pasa a su alrededor- y no -las condiciones del medio cambian- con el incendio. *En este caso se presenta para la docente la posibilidad de gestionar la conversación en diferentes niveles escalares.*

En la secuencia Gs8 identificamos un *movimiento escalar* en el cual, a través de una *solicitud indirecta* de la docente del tipo “¿de qué estamos hablando, de estas tres?” se dirige la mirada hacia los mecanismos de la función relación.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G ‘Simulación de un incendio’

### Fragmento Gs8

D1.- cuando estamos hablando de que las aves pueden oler | ver | se acuerdan de nuestro cuadro dijimos que era muy importante que los seres vivos se nutrieran | se reprodujeran y se relacionaran | cuando estamos hablando de que las aves salen volando porque pueden ver | escuchar y oler el incendio | **de qué estamos hablando? | de estas tres?**

...

Na.- **que cogen información del medio**

D1.- cogen información del medio | eso es la **relación** |

Relación, como captar información del medio
---------------------------------------------

¿De qué función hablamos?
---------------------------

Al igual que en la secuencia *Gs2*, se presenta el mecanismo explicativo antes que la palabra que designa la función, le hemos llamado ‘*descripción por omisión*’. Sería de esperar que los escolares respondieran ‘la relación’ a la pregunta de la docente “¿de estas tres, de cuál estamos hablando?” Y posteriormente la docente preguntara ‘¿qué significa la relación?’, formato al que hemos llamado *precisar el significado de las palabras*. En este caso parece que los escolares usan “*cogen información del medio*”<sup>1</sup> en vez de la palabra *relación*, la cual surge posteriormente en la conversación y es introducida, al igual que en la secuencia *Gs2*, por la docente.

Las secuencias *Gs7* y *Gs8* ejemplifican *la utilización de la visión escalar en la gestión* de la conversación en el aula por parte de las docentes. En la secuencia *Gs7* ella intenta llevar la mirada a los mecanismos, sin embargo los alumnos se sitúan al nivel de generalización. La docente asume el nivel y complementa la generalización, sin embargo en la secuencia *Gs8* insiste en la mirada a los mecanismos y genera un movimiento escalar en la conversación. A continuación la docente se mantiene en el nivel de mecanismo, utilizando otros ejemplos, como observamos a continuación. Esto denota que la docente tiene claro que desea acudir a los mecanismos explicativos, y aunque da seguimiento a las ideas de los escolares, gestiona la conversación hacia ese nivel escalar.

En la secuencia *Gs9*, que identificamos de tipo *mecanismo*, se utiliza este mecanismo de ‘coger información del medio’ a otros ejemplos de seres vivos que pueden reaccionar al incendio. Se utiliza el ejemplo para ampliar la experiencia de los escolares respecto al mecanismo; así, la simulación en la maqueta se convierte en *fuentes de fenómenos a explicar*.

### Fragmento Gs9

D1.- por eso es muy importante la relación | **poder coger información del medio | qué pasaría por ejemplo si aquí este jabalí no pudiera ver el fuego | y no pudiera escucharlo | qué le pasaría?**

No.- = se moriría =

Na.- = pero puede sentir el calor =

<sup>1</sup> En el análisis de la actividad A, se ha realizado la transformación de la palabra movimiento a ‘responde a información’, a partir de la respuesta de animales y plantas a información que captan del medio.

No.- **las serpientes también son ciegas pero**

D1.- las serpientes son ciegas?

No.- no

Ns.- [comentarios]

D1.- a ver nos dice **Anna que el jabalí huiría porque aunque no pudiera ver o escuchar sentiría el calor | pero sentir el calor también es recibir = información del medio =**

No.- = sí =

D1.- **el calor | la luz del fuego | el sonido del incendio | eso es lo que dijimos que era los estímulos | nos dan información ||**

Otros casos de ‘coger información del medio’
----------------------------------------------

Esta secuencia la hemos identificado como de mecanismos, ya que se utiliza como referente básico la idea de que los seres vivos captan información del medio. Sin embargo, nuevamente observamos que se mezclan los niveles generalización, mecanismo y constricción en esta secuencia. Este aspecto ya lo hemos mencionado, la *dificultad para separar los niveles escalares en la función relación*: los cambios del medio – constricción-, las actividades de los seres vivos –generalización- y la captación, transmisión y codificación del estímulo es decir lo que sucede ‘dentro’ de los seres vivos – mecanismo-.<sup>2</sup>

En la secuencia *Gs10*, identificamos un *movimiento escalar a constricciones*. Éste es debido a que los niños empiezan a mover algunos animales en la maqueta y, al momento de definir dónde los colocarán (el sitio al que huyen), identifican condiciones del medio que pueden ser favorables.

Fragmento Gs10

D1.- quién más va a **pasar a mover este jabalí** | quieres pasar a mover otros

Na.- **muévelo para allí porque ahí está el sol**

Movimiento de animales
------------------------

Regla del juego: 1ª considerar las constricciones
---------------------------------------------------

Los escolares están aplicando la *1ª regla del juego de la modelización* que hemos identificado en la actividad E: **para colocar a un ser vivo, hemos de tomar en cuenta las constricciones**. En la actividad E la regla se aplicó a los árboles, en este caso *se amplía el ámbito de aplicación*: a los animales.

En la secuencia *Gs11* se continúa con las *constricciones*, también identificadas por los niños y las niñas en función al movimiento de los animales.

---

<sup>2</sup> Mientras escribimos este documento se ha anunciado la entrega del premio Nobel de fisiología a Linda B. Back y Richard Axel, por el descubrimiento de receptores y la organización del sistema olfativo. En las noticias que acompañan dicho anuncio se considera que el sentido del olfato es de los menos entendidos en la actualidad. Por otra parte en la escuela primaria, en el área de ciencias, parece que la función de relación es la que tiene menos tradición de enseñanza y se observa en esta unidad didáctica que es también la que es menos familiar a los escolares.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G ‘Simulación de un incendio’

### Fragmento Gs11

D1.- no vuelan eh! | a ver el *porc senglar* no vuela  
[risas]  
D1.- no podemos hacer esto | muévelo como se mueve él  
Ns.- [comentarios]  
D1.- aquí también hay fuego y hay muchos animales  
Na.- **acá también hay muchos árboles y se pueden quemar**  
D1.- a ver Javi pasa a mover  
Na.- mira **este pájaro lo pondría acá**  
Ns.- [muchos comentarios]  
Na.- **lo voy a poner donde hay árboles para que se salve**  
D1.- a ver pasa a mover los otros

Regla del juego: 2ª capacidad particular de desplazamiento en animales

Al inicio del fragmento anterior podemos observar que la docente introduce la 2ª regla del juego de la modelización al decir: “no vuelan eh!, a ver el *porc senglar* no vuela...no podemos hacer esto, muévelo como se mueve él”. Esta 2ª regla en su forma general podía enunciarse: **‘Para mover a un ser vivo en la maqueta, hemos de considerar sus características propias y sus posibilidades de desplazamiento’**. Puede parecer que esta regla no se relaciona directamente con el modelo, sin embargo, en el presente trabajo consideramos que las tres escalas de organización son parte del modelo, por tanto, esta regla, tiene que ver con una generalización significativa.

En la secuencia *Gs12* identificamos un *movimiento escalar* hacia **generalización**, precisando la forma cómo ciertos seres vivos se mueven, aplicando la 2ª regla y considerando a la vez la diversidad de seres vivos.

### Fragmento Gs12

D1.- piensen las cosas que pueden hacer los seres vivos | porque **a veces los quieren mover de una manera que ellos no pueden | a ver esta serpiente no la puedes poner aquí en la montaña | cómo ha subido?**  
No.- **el caracol se mueve poco**  
D1.- fijense hay un problema con los insectos | **los insectos se mueven despacio | no se pueden mover tanta distancia <...>**

Diversidad de capacidad de respuesta al estímulo

Esta generalización tiene que ver con la 2ª *regla del juego* que hemos mencionado en la secuencia *Gs11*. Aquí se precisan algunas de las formas de desplazamiento que han de tenerse en cuenta al mover los animales. Esta regla se relaciona con la idea de Terradas (2001:83), cuando menciona los nuevos planteamientos desde la ecología, específicamente que la comunidad no responde como un superorganismo sino que:

“...las especies responden individualmente a las constricciones ambientales de acuerdo cada una a sus características ecofisiológicas, morfológicas y fenológicas”



Así, el movimiento de animales queda limitado durante la simulación a dos aspectos, controlados por las dos reglas del juego de la simulación establecidas hasta ahora: la capacidad de desplazamiento de cada ser vivo en particular y las constricciones del lugar en el que se le coloca. Estas reglas para jugar con la maqueta son de orden general pero tienen aplicaciones específicas según el ser vivo de que se trate y la situación en que se encuentre la maqueta, es decir los elementos presentes en la misma. Algunos niños y niñas consideran en sus constricciones la luz y otros la presencia de árboles, tal como hemos visto en las secuencias anteriores.

En la secuencia Gs13 de **generalización, tipo unificación**, se emparejan dominios entre grupos de animales en dos aspectos. Anteriormente se ha hablado sobre mamíferos, aves y reptiles, en el fragmento observamos como la docente unifica a los insectos con respecto a la idea de capacidad de captar estímulos y dar una respuesta. Igualmente se unifica con relación a las diferencias entre las posibilidades de huida de cada tipo de ser vivo.

#### Fragmento Gs13

D1.- muy bien todos los que han pasado || **los insectos pueden también ver el fuego | escuchar | pero || eso es que pueden recibir también los estímulos | pero cuando responden a ese estímulo no pueden volar tan lejos como las aves | verdad sólo se pueden mover poco | cada ser vivo es distinto** | algunos pueden ver desde muy lejos | algunos ven más de cerca | algunos pueden salir volando muy lejos | otros sólo pueden volar cerca | si?

Captación estímulo-respuesta en reptiles, aves e insectos
-----------------------------------------------------------

Esta unificación va más allá de la generalización planteada hasta el momento ya que se generan casos específicos incluyendo la diversidad, por lo que consideramos que se genera un *nuevo significado* en la función relación.

Podemos considerar que esta unificación es parte de la construcción del *la interpretación teórica del hecho* sobre la huida de los animales en un incendio forestal. En este caso podemos observar que se trata de un *conjunto de ejemplos* sobre la huida de diversos animales los que constituyen el hecho del mundo que se interpreta a través del modelo. Puede decirse que *el conjunto de ejemplos, dada su similitud respecto a la interpretación teórica y a la realización de las unificaciones mencionadas, se constituyen en un sólo hecho interpretado*. Cabe mencionar que en actividades posteriores las docente utilizan el hecho '*las aves salen huyendo*' como ejemplo y se refieren a este ejemplo para rescatar las ideas sobre la relación aquí trabajadas, así mismo, este hecho '*las aves salen huyendo*' es el utilizado en la actividad K '*Estímulo – respuesta*' como ejercicio de aplicación para la función relación. De esta forma las ideas se van tejiendo en diferentes momentos y con diferentes ejemplos.

5. Análisis interpretativo de la actividad G ‘Simulación de un incendio’

En la secuencia *Gs14* se produce un *movimiento escalar* al retomar idea sobre ¿dónde se han colocado a los animales?, lo cual produce el *movimiento escalar* que lleva a las **constricciones**.

En las dos secuencias siguientes que hemos identificadas como **constricciones** (*Gs15* y *Gs16*) se utiliza la 1ª regla del juego relacionada con tomar en cuenta las constricciones al mover a los animales. Aquí los animales huyen pero los escolares han de pensar en situarlos en lugares donde podrán sobrevivir tomando en cuenta las tres funciones del modelo ser vivo y los recursos disponibles.

En esta serie de tres secuencias se genera un nuevo significado de la *constricción*, al establecer un vínculo que subsume la *constricción* de casos particulares a una construcción general, ya que ésta se retoma para relacionarla explícitamente con las tres funciones del modelo en sus categorías más amplias. Podemos hablar de una *modelización de la constricción relacionada con la disponibilidad de recursos para realizar las tres funciones básicas del modelo ser vivo: nutrición, reproducción y relación*.

Así tenemos que en la secuencia *Gs14*, se modeliza la *constricción* con respecto a la un aspecto de la función *relación*:

Fragmento Gs14

D1.- una cosa que **hay que pensar es que hemos movido a nuestros seres vivos y los hemos puesto en un lugar | habíamos dicho que cuando los pusiéramos en algún lugar debíamos de pensar por qué los poníamos ahí** | los que han dicho acá acá por qué lo han puesto ahí?

Na.- **porque hay unos árboles y está lejos del incendio y no le llegará**

D1.- **ahí estamos pensando en la relación | porque será un lugar donde no le llegará el humo del fuego ni el calor** |

Función de relación

Movimiento de los animales

En la secuencia *Gs15* se modeliza la *constricción* con respecto a un aspecto de la función ‘*nutrición*’:

Fragmento Gs15

D1.- pero dijimos que íbamos a pensar en tres cosas siempre | **en qué más tenemos que pensar?**

No.- en la **alimentación**

D1.- **que se pueda alimentar | que tal si llega a un lugar donde no hay fuego pero no hay alimento**

Función de nutrición

Y por último en la secuencia *Gs16* se modeliza la *constricción* con respecto a un aspecto de la función ‘*reproducción*’:

Fragmento Gs16

No.- **donde haya otros del mismo tipo**

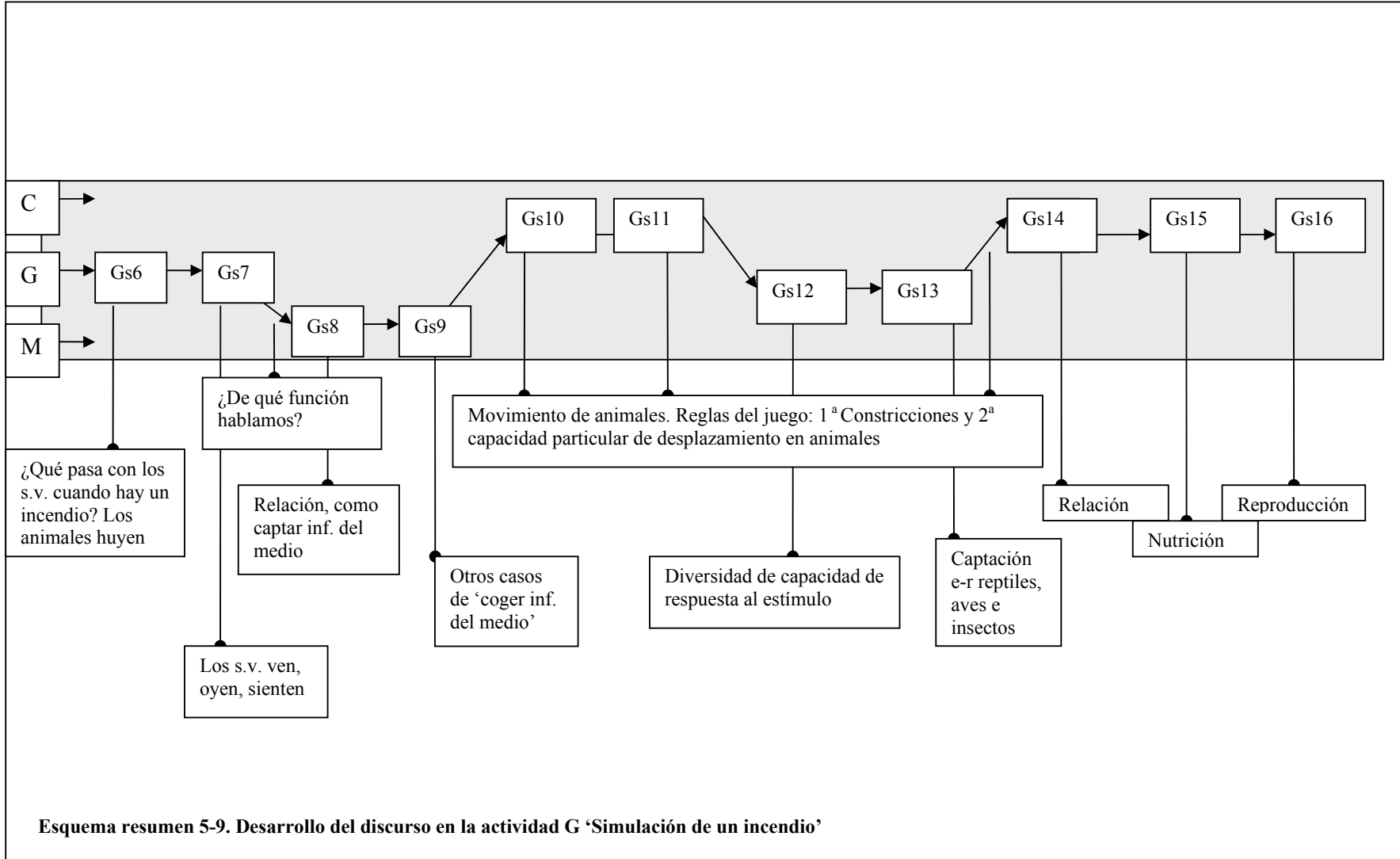
D1.- también **para que se pueda reproducir** | muy bien | ahora vamos a hacer otra actividad

Función de reproducción
-------------------------

El análisis nos muestra que *a lo largo de la actividad G se genera una explicación jerárquicamente anidada respecto a la huida de los animales durante un incendio*. La generalización ‘los animales huyen’ se explica a nivel mecanismos dado su capacidad de ‘captar información del medio y responder’ y esta misma capacidad les permite por una parte ‘captar los cambios en el medio y detectar el peligro’ y por otra ‘definir el lugar de huida, dónde pueden encontrar recursos que les permitan sobrevivir’.

La diversidad y complejidad del fenómeno ‘huida de los animales’ es tratada a partir de las características específicas de cada especie para captar estímulos y sus posibilidades de respuesta, así como por la disponibilidad limitada de recursos y su distribución no homogénea en la maqueta.

Presentamos el esquema resumen 5-9 para dar seguimiento al discurso. Esquemizamos únicamente las secuencias relacionadas con la simulación (a partir de la secuencia discursiva *Gs6*). Como hemos dicho las secuencias *Gs6*, *Gs7*, *Gs12* y *Gs13* las consideramos como de generalización, las secuencias discursivas *Gs8* y *Gs9* como de mecanismos y las secuencias discursivas *Gs10*, *Gs11*, *Gs14*, *Gs15* y *Gs16* como de constricciones



#### 5.4.1.2. Respecto a quién promueve la explicación

Dado que nuestro objetivo en esta investigación es analizar la función de la maqueta en la generación de los significados, para esta actividad G analizamos únicamente las secuencias que corresponden a la simulación (*Gs6* a *Gs16*).

Como observamos en la gráfica IV en la primera secuencia discursiva (correspondiente a la secuencia *Gs6*) la explicación es promovida por los **alumnos/as**. En ésta responden a la pregunta ¿qué sucede con los seres vivos cuando hay un incendio? Su respuesta parte de una generalización que es usual entre los escolares y que se deriva de una concepción simple de lo que sucede en un incendio con los seres vivos.

##### Fragmento Gs6

Na.- **los pájaros volarían | los animales saldrían huyendo** | los que están más cerca primero

En las secuencias *Gs7*, *Gs8* y *Gs9*, la explicación es promovida en **interacción**. En estas las participaciones tanto de los escolares como de la docente son significativas para construir la explicación que, como hemos analizado en la sección anterior, lleva a pensar en la función ‘relación’ para explicar la generalización “los animales huyen”.

En estas secuencias la docente ejerce una función de *dirigir la mirada hacia la función* ‘relación’ a través de sus preguntas. Sin embargo, como observamos en los fragmentos siguientes, la construcción de la explicación se hace en interacción, dado que *los escolares complementan la información y la ejemplifican en el contexto de la simulación*.

##### Fragmento Gs7

D1.- a ver porque vuelan no | vuelan porque saben que hay un incendio/

No.- **porque lo ven**

Na.- == **perquè fa olor**

...

Na.- **por el olfato**

...

Na.- **porque sienten el calor**

...

D1.- ... **podría ser que escucharan algo?**

No.- **sí las ondas**

D1.- las ondas de que?

No.- **del fuego**

Na.- de calor

Na.- == **sí! puede ser**

##### Fragmento Gs8

D1.- ... **de qué estamos hablando?** | de estas tres?

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G 'Simulación de un incendio'

...  
Na.- **que cogen información del medio**

### Fragmento Gs9

D1.- ... por ejemplo **si aquí este jabalí no pudiera ver el fuego** | y no pudiera escucharlo | qué le pasaría?

No.- = se moriría =

Na.- = **pero puede sentir el calor** =

...

D1.- a ver nos dice Anna que el jabalí huiría porque aunque no pudiera ver o escuchar sentiría el calor | **pero sentir el calor también es recibir = información del medio** =

No.- = sí =

En los fragmentos anteriores identificamos la forma en que la docente gestiona la conversación a través de preguntas y de incorporar los ejemplos concretos a los mecanismos o generalizaciones del modelo. *Las preguntas tienen la finalidad de que los escolares profundicen en sus ideas y expliciten el conocimiento empacado.*

En las secuencias *Gs10* y *Gs11* la explicación es promovida por los **alumnos/as**. El hecho de *mover los animales* que huyen produce que ellos y ellas expliciten las constricciones que determinan la ubicación de los mismos. Destacamos dos aspectos, el primero es que *la docente por su parte llama la atención sobre la 2ª regla del juego* relacionada sobre la forma como se mueve cada animal en específico. En segundo lugar podemos observar en los fragmentos siguientes que la docente, a diferencia de las secuencias analizadas anteriormente, *no realiza ninguna pregunta a los escolares acerca de las constricciones*, sino que ellos *las expresan espontáneamente al interactuar con la maqueta*.

Podemos decir que lo anterior apoya la hipótesis de que *la maqueta se convierte en un tercer actor en la gestión de las ideas, especialmente respecto a las constricciones*, ya que el hecho de mover los animales hace que los escolares expresen las constricciones, haciendo referencia a lo que encuentran físicamente en la maqueta.

### Fragmento Gs10

D1.- quién más va a pasar a mover este jabalí | quieres pasar a mover otros

Na.- **muévelo para allí porque ahí está el sol**

### Fragmento Gs11

D1.- **no vuelan eh! | a ver el porc senglar no vuela**

[risas]

D1.- no podemos hacer esto | muévelo como se mueve él

Ns.- [comentarios]

D1.- **aquí también hay fuego y hay muchos animales**

Na.- **acá también hay muchos árboles y se pueden quemar**

D1.- a ver Javi pasa a mover

Na.- **mira este pájaro lo pondría acá**

Ns.- [muchos comentarios]

Na.- **lo voy a poner donde hay árboles para que se salve**

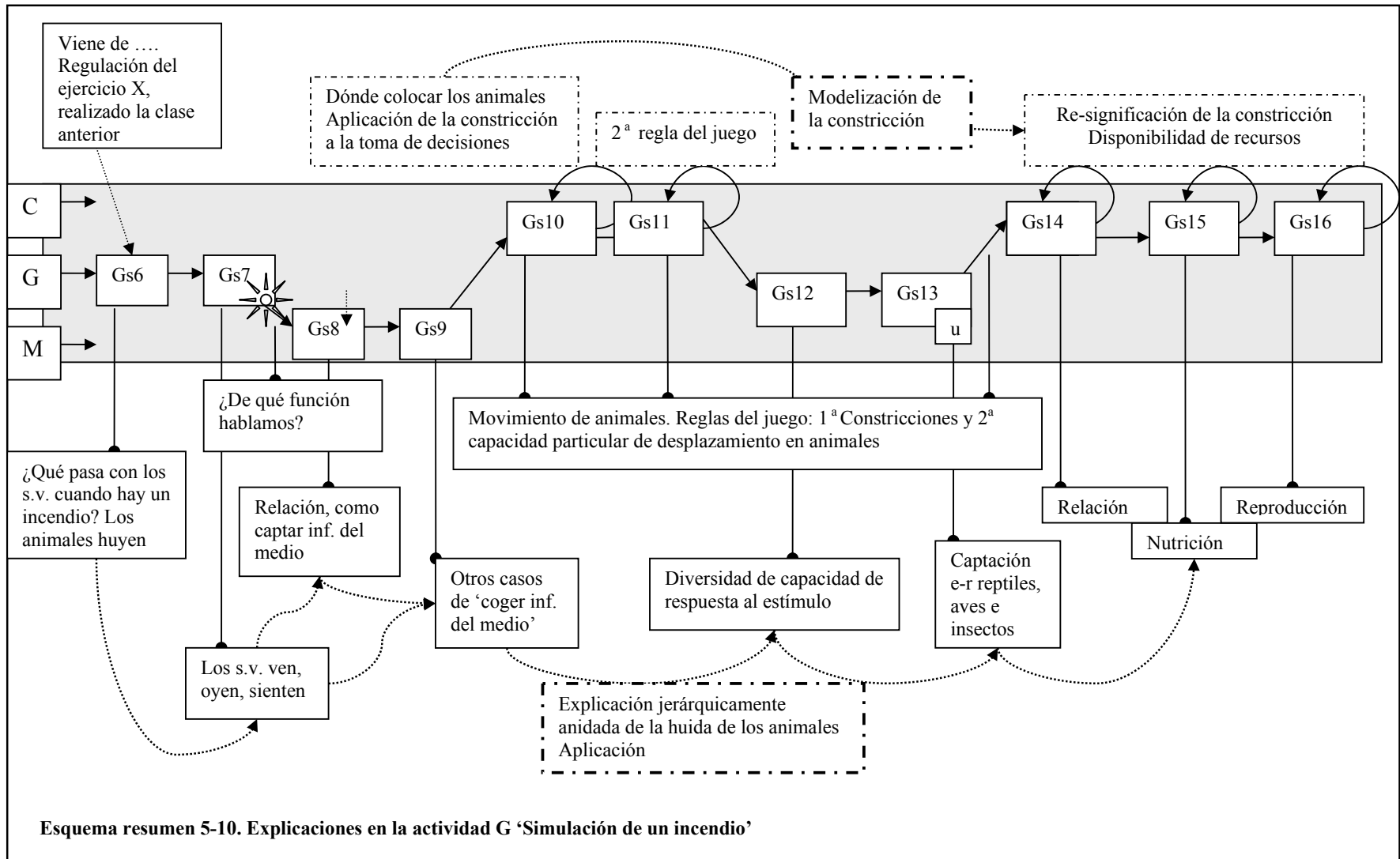
D1.- a ver pasa a mover los otros

En la secuencia *Gs12* la explicación es promovida en *interacción*, en la que se reflexiona sobre diversas formas de movimiento en los animales. Posteriormente en la secuencia *Gs13*, la *docente* realiza la *unificación* respecto al movimiento como respuesta a estímulos.

En las secuencias *Gs14*, *Gs15* y *Gs16* la explicación es promovida en *interacción*. Nuevamente la docente genera las preguntas necesarias para gestionar la conversación ayudando a los escolares a dar sentido a las constricciones de las que han hablado mientras movían a los animales. Favorece que los escolares relacionen la disponibilidad de recursos con las tres funciones del modelo ‘ser vivo’.

***5.4.1.3. Síntesis de las explicaciones: Los animales huyen respondiendo a estímulos y buscan un lugar con recursos para sobrevivir.***

A continuación resumimos las interpretaciones sobre la construcción de las explicaciones en la actividad G ‘Simulación de un incendio’. Para resumir y visualizar el análisis colocamos el esquema resumen 5-10.





De lo analizado en la actividad G ‘Simulación del incendio’ respecto a las explicaciones podemos decir lo siguiente:

1. Respecto a la construcción de significados en el modelo ser vivo: hemos constatado, nuevamente, **dos formas de construcción de significados en el modelo de ser vivo**. Por un lado la que se produce en una misma secuencia discursiva y por otro la que se produce entre secuencias discursivas

- 1.1. Significados que se producen **dentro de una mismas secuencia discursiva**.  
Encontramos que se producen en secuencias de tipo **constricción y generalización**. **Les representamos** en el esquema resumen 5-10 con flechas curvas continuas.

- 1.1.1. Dentro de las secuencias de **constricción**:

- 1.1.1.1. Al mover los seres vivos en la maqueta los escolares toman en cuenta la capacidad de movilidad de las diferentes especies, lo cual ayuda a considerar la complejidad en la interpretación del fenómeno. Se genera para ello la **2ª regla del juego de la modelización** que puede enunciarse como: **se han de tomar en cuenta las características de cada especie respecto a su capacidad de respuesta**.

- 1.1.1.2. Por otra parte los escolares **aplican la 1ª y 2ª reglas en la acción**. El significado nuevo que se construye se relaciona con la acción y la toma de decisiones de los escolares, como un tipo de **aplicación de la constricción**.

- 1.1.2. Al interior de las secuencias de **generalización**.

- 1.1.2.1. Se incorpora a los insectos en la interpretación del fenómeno huida de los animales del incendio que se ha vinculado a la función de relación. Esta **generalización por unificación permite construir un nuevo significado al ampliar la generalización de partida**.

- 1.2. **Significados del modelo se produce entre secuencias discursivas**.

Se encuentran dos formas: Una producida entre secuencias discursivas del mismo nivel escalar y otra entre secuencias discursivas de diferente nivel escalar. Las representamos en el esquema x con flechas curvas punteadas.

- 1.2.1. **Entre secuencias de un mismo nivel escalar: identificadas entre secuencias de tipo constricción**. Se relacionan las elecciones de los escolares respecto a dónde colocar los animales que huyen, con el modelo de ser vivo, al tener en cuenta la disponibilidad de recursos que les permiten realizar las funciones nutrición y reproducción y donde se

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G ‘Simulación de un incendio’

sientan a salvo del incendio – relación. Podemos decir que en estas secuencias **se modeliza la constricción al incorporarla al modelo ser vivo.**

1.2.2. **Entre secuencias de diferente nivel escalar de tipo generalización, mecanismo y constricción.** La *generalización* respecto a que los animales huyen dado que pueden ver, oír y sentir se explica por *el mecanismo* de captación de estímulos como información del medio y capacidad, diferenciada en cada especie para dar una respuesta. Las *constricciones* determinan el lugar al que los animales huyen en busca de una zona donde refugiarse. **El conjunto de estas secuencias permite generar una explicación jerárquicamente anidada respecto a la huida de los animales durante el incendio.**

2. Respecto **movimientos escalares** que producen el cambio de observación en el nivel escalar. Encontramos cuatro movimientos escalares: uno hacia mecanismos, uno hacia generalizaciones y dos hacia constricciones. Los representamos en el esquema resumen 5-10 con flechas rectas continuas que ascienden o descienden

2.1. La mirada **hacia mecanismos** se originó por la **pregunta indirecta para precisar de qué función** se hablaba. Observamos dos aspectos relevantes:

2.1.1. Para promover la mirada a mecanismos las docentes utilizan preguntas del tipo “¿Cómo sabe un ave que hay un incendio?”, en su formato más general “¿Cómo sabe un ser vivo que algo pasa en el medio?” Esta es una estrategia que hemos denominado **preguntas de formato homogéneo**, la cual puede crear códigos en la comunicación existiendo mucha información empaquetada y facilitar los movimientos escalares hacia mecanismos.

2.1.2. Los escolares mencionan el proceso de captación de información del medio pero desconocen el nombre de la función. Para avanzar en la modelización se ha de clarificar la finalidad de la función y asignarle un nombre, lo cual puede ayudarles a reorganizar las ideas del modelo en las tres funciones. Éste tipo de forma de expresión de los escolares la hemos llamado **descripción por omisión**

2.2. La mirada **hacia generalizaciones**. La formulación de la 2ª regla del juego generada a partir del manipular de los animales en la maqueta lleva a un movimiento escalar a generalización sobre la posibilidad diferencial de desplazamiento para las diferentes especies.

2.3. La mirada **hacia constricciones**. Los escolares al mover los animales en la maqueta toman en cuenta la disponibilidad de recursos, especialmente alimento, para la realización de las funciones por parte de los seres vivos,

ello produce que se dirija la mirada a constricciones, **relacionándose con la toma de decisiones y a la acción sobre la maqueta.**

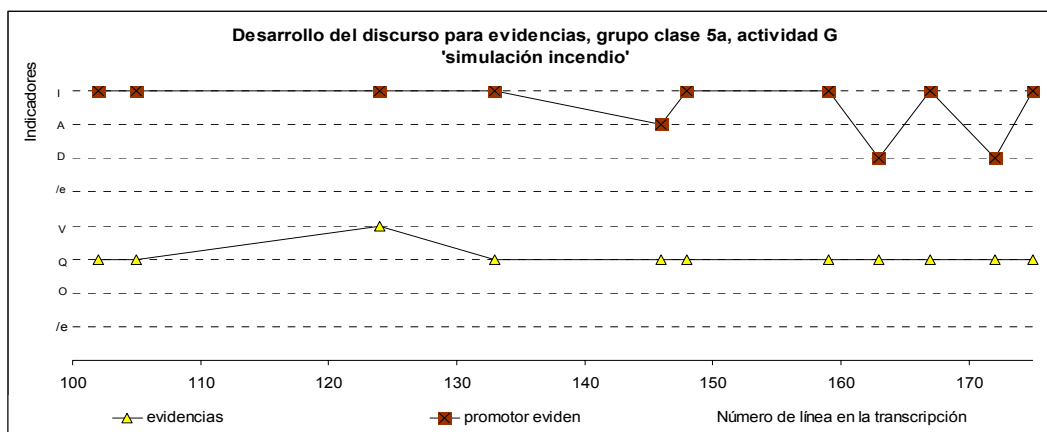
3. Respecto a la **visión escalar en la función relación** resaltamos dos aspectos. Uno relacionado con la separación de niveles escalares y el otro con la gestión de la conversación.
  - 3.1. Identificamos que los escolares confunden el sentido con el estímulo y con los cambios que se producen en el medio, esto implica que la **separación escalar en la función relación se dificulta.**
  - 3.2. Debido a la dificultad de los escolares para separar los niveles escalares en la función relación, ellos/as mezclan las diferentes escalas haciendo observaciones tanto a nivel generalización como a nivel constricción. **La visión escalar de la docente le permite gestionar la conversación al identificar la mezcla de escalas y decidir concientemente hacia cuál dirigir la conversación.**
4. **Respecto a la maqueta.** Encontramos que esta se convierte en un tercer actor en la conversación y apoya la construcción de explicaciones.
  - 4.1. Observamos que la maqueta permite a los escolares tomar en consideración tanto las condiciones paisajísticas y de recursos, como las características específicas de los diferentes seres vivos, propiciando el diálogo entre el escolar y la maqueta, en el cual ellos y ellas expresan las constricciones de manera espontánea. Esto nos lleva a considerar que la maqueta **se convierte en un tercer actor en la gestión de nuevos significados**
  - 4.2. La maqueta, al permitir a los escolares visualizar las constricciones e incorporarlas en el discurso, así como generar fenómenos a explicar, **propicia tres de los cuatro movimientos escalares, apoyando la generación de la explicación jerárquicamente anidada.**

#### 5.4.2. Análisis de las evidencias

A continuación realizamos un análisis de las interacciones en la actividad G tomando en cuenta el tipo de evidencias utilizadas. Analizamos únicamente las secuencias relacionadas con la simulación del incendio, las cuales van de la *Gs6* a la *Gs16*.

Para lo anterior y partiendo de los resultados de la segunda etapa del análisis, construimos la gráfica 5-8, en el eje de las ordenada presentamos los indicadores: **Sin evidencia** (/e), **observación** (O), **maqueta** (Q), **otras fuentes** (V), **docente** (D), **alumnos/as** (A), **interacción** (I), en el eje de las abscisas los números de líneas de la transcripción.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G ‘Simulación de un incendio’



Gráfica 5-8. Distribución en el tiempo de las evidencias y quién las promueve, en el grupo clase 5a, actividad G ‘Simulación de un incendio’.

### 5.4.2.1. Las evidencias

Como observamos en la gráfica anterior, de las once secuencias discursivas en que se dividió esta actividad G, todas excepto una se apoyan en la *maqueta* como evidencia.

La secuencia que se no se apoya en la *maqueta* es la *Gs8* y la evidencia proviene de *otras fuentes*, basándose en la autoridad de cocimientos construidos con antelación. Como observamos en el fragmento siguiente en esta secuencia se relaciona el hecho de las aves pueden oler y ver con la idea de ‘captar información del medio’. La evidencia proviene en este caso de la autoridad que da a los actores el conocimiento construido en actividades anteriores y plasmado en el esquema de orientación ser vivo (ver actividad A ‘Construcción del esquema ser vivo’).

#### Fragmento Gs8

D1.- cuando **estamos hablando de que las aves pueden oler | ver | se acuerdan de nuestro cuadro** dijimos que era muy importante que los seres vivos se **nutrieran | se reprodujeran** y se **relacionaran** | cuando estamos hablando de que las aves salen volando porque pueden ver | escuchar y oler el incendio | de qué estamos hablando? | de estas tres?

....

Na.- **que cogen información del medio**

D1.- cogen información del medio | **eso es la relación** |

La docente recurre al esquema cuando dice: “se acuerdan de nuestro cuadro”. Se refiere al esquema de orientación elaborado y revisado en las actividades A ‘Construcción del esquema ser vivo’, B ‘Entrega del esquema ser vivo’ y C ‘Revisión del esquema ser vivo’. Dicho esquema se constituye en una fuente de evidencias; se le considera conocimiento que está validado por la comunidad escolar – de escolares y docentes en este caso-, en el que las docentes representan a su vez a la comunidad científica como concededoras del modelo.

Así, de la misma manera que en la producción de conocimiento científico, desde la visión naturalista de las ciencias cognitivas (Giere, 1992), en el que las ideas surgidas se debaten y se aceptan considerándose válidas no sólo por criterios racionales sino en el consenso y en un contexto social, en el aula se instituyen ideas que se consideran como válidas tras haberlas consensuado. Éstas son después utilizadas en la argumentación.

Aunque en el aula la autoridad de la docente tiene un fuerte peso para la aceptación de las ideas que se establecen como válidas, en este caso, el esquema de orientación, al que se recurre como fuente de autoridad, ha recogido las ideas de los escolares y las docentes. Un ejemplo de ello es precisamente el uso de la expresión “*información del medio*”, que es utilizada por una niña. La expresión en concreto fue generada a partir del consenso (ver actividad A ‘Construcción del esquema ser vivo’) para referirse a los cambios ambientales que pueden servir de estímulo a los seres vivos y producir una respuesta.

En el resto de las secuencias la conversación toma como fuente de evidencias la *maqueta*. En la secuencia Gs6 y como podemos observar la docente utiliza la forma “ha empezado un incendio”, así como “¿que pasaría con todas las plantas y animales que hay?” dirigiendo la atención a lo que sucede en la maqueta. Aunque la simulación del incendio inicia con la pregunta general ¿qué sucede con los seres vivos cuando hay un incendio? en el fragmento se observa que de manera inmediata se contextualiza en la forma ¿qué sucede a estos animales cuando hay este incendio?: ubicándose así en la maqueta. Observamos que se produce una *contextualización de la conversación*. No se trata de un incendio pensado en abstracto, sino del incendio que se simula en la maqueta.

Fragmento Gs6

D1.- bueno muy bien Josy | **ha empezado un incendio** | pero bueno | **qué pasaría con todas las plantas y animales que hay**

...

Desde este primer momento, la *maqueta* se constituye en el *hilo conductor* de la conversación dado que es utilizada reiteradamente como fuente de evidencias.

Tanto en la secuencia Gs6, analizada con antelación, como en las secuencias Gs9, Gs10 y Gs11, en las que se presenta evidencia por *maqueta*, identificamos que al hablar sobre qué sucede con los seres vivos durante el incendio se realiza también una *contextualización de los elementos (seres vivos)*. En la secuencia Gs6 se determinan los elementos sobre los que se habla (animales y plantas) y su *ubicación espacial y temporal*. En las secuencias Gs9, Gs10 y Gs11 como vemos en los fragmentos que se presentan a continuación, se establece también una *ubicación relacional*. Es decir, de las relaciones que se establecen o son posibles en las circunstancias específicas. Esto se observa claramente en la frase de una niña “mira este pájaro lo pondría acá”, “lo voy a poner donde hay árboles para que se salve”. Se encuentra, entonces, que en algunos momentos se habla de forma general sobre los

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G ‘Simulación de un incendio’

animales o plantas pero en otros de forma particular sobre ‘este’ animal, que se encuentra en ‘este’ sitio físicamente (ubicación espacial), en ‘este’ momento (*ubicación temporal*), rodeado de ‘estos’ elementos con los que establece relaciones (*ubicación relacional*).

Esta contextualización puede permitir que se genere una visión ‘dinámica’ de los seres vivos, que interactúan con otros seres vivos y con el ambiente, en contraposición de una visión ‘estática’ viéndoles como aislados del medio y sin relaciones con éste (Gómez, Sanmartí y Pujol, 2004).

### Fragmento Gs9

D1.- por eso es muy importante la relación | poder coger información del medio | qué pasaría **por ejemplo si aquí este jabalí no pudiera ver el fuego | y no pudiera escucharlo | qué le pasaría?**

D1.- a ver nos dice Anna **que el jabalí huiría** porque ...

### Fragmento Gs10

D1.- quién más va a pasar a mover **este jabalí** | quieres pasar **a mover otros**

Na.- **muévelo para allí porque ahí está el sol**

### Fragmento Gs11

D1.- **aquí también hay fuego y hay muchos animales**

Na.- **acá también hay muchos árboles y se pueden quemar**

...

Na.- **mira este pájaro lo pondría acá**

Ns.- [muchos comentarios]

Na.- **lo voy a poner donde hay árboles para que se salve**

Por otra parte retomando las secuencias *Gs6* y *Gs9* podemos observar que la maqueta se convierte en un *mediador entre las ideas de partida de los escolares*, los cuales expresan como primera idea que “los animales huyen y las aves salen volando” y *las ideas a las que la docente pretende que lleguen al construir el modelo*, o el modelo de la docente, que incluye la idea de que los seres vivos son capaces de percibir estímulos del medio, de procesarlos, de generar una respuesta y que estos estímulos dan información a los seres vivos sobre lo que sucede en el medio. En palabras de Clement (2000) la maqueta media entre el modelo de partida y el modelo destino (“*target model*”).

En la secuencia *Gs12* observamos una *particularización de los elementos*. Se caracteriza cada elemento (ser vivo) como específico, con sus características propias, por ejemplo posibilidad de desplazamiento. Al mismo tiempo se le caracteriza como perteneciente a los seres vivos y por tanto capaces de percibir estímulos y en una situación que lo limita, el incendio forestal. Se habla en esta secuencia de la diversidad de seres vivos y de las constricciones del medio. Esto concuerda con lo planteado por Allen y Starr (1982) para constricciones, respecto a que éstas se generan en la relación y no se imponen: emergen.

Fragmento Gs12

D1.- piensen las cosas que pueden hacer los seres vivos | porque a veces los quieren mover de una manera que ellos no pueden | **a ver esta serpiente no la puedes poner aquí en la montaña | cómo ha subido?**

No.- **el caracol se mueve poco**

D1.- fijense hay un problema con los insectos | **los insectos se mueven despacio | no se pueden mover tanta distancia <...>**

Consideramos que tanto la contextualización de la conversación, la contextualización de los elementos y la particularización de los mismos son relevantes en la construcción del modelo ser vivo. Lo anterior dado que permiten hablar de casos particulares y contextualizados, los cuales se integran al modelo. Así, los hechos son reconstruidos a la luz del modelo.

En las secuencia *Gs13* observamos la forma como los casos particulares-contextualizados y después generalizados en el modelo, se explican principalmente a través de la función de relación, dentro del modelo ser vivo. Para ello *se hace uso de los complementarios: diversidad – unidad*, los seres vivos son diversos y responden a las perturbaciones de manera diferencial, sin embargo todos pueden percibir estímulos y dar una respuesta. El uso de la complementariedad en la construcción del modelo permite incorporar la complejidad en la interpretación de los fenómenos y de diferentes posibilidades en el devenir de los sucesos (Pujol, 2003).

Fragmento Gs13

D1.- fijense hay un problema con **los insectos | los insectos se mueven despacio | no se pueden mover tanta distancia <...>**

D1.- muy bien todos los que han pasado || **los insectos pueden también ver el fuego | escuchar | pero || eso es que pueden recibir también los estímulos | pero cuando responden a ese estímulo no pueden volar tan lejos como las aves | verdad sólo se pueden mover poco | cada ser vivo es distinto |** algunos pueden ver desde muy lejos | algunos ven más de cerca | algunos pueden salir volando muy lejos | otros sólo pueden volar cerca | si?

Por otra parte podemos decir que en la secuencia *Gs13* la contextualización de la conversación y de los elementos permite que la maqueta funcione como *mediador entre los diferentes niveles de construcción del modelo por parte de los escolares*. Lo anterior dado que se constituye en un *tercer actor en la gestión de la conversación*, además de los docentes y los alumnos, permitiendo a todos y todas estar hablando de lo mismo: del incendio, de la huida de los animales y especialmente de ciertos animales en ciertas condiciones.

Cada escolar interviene de forma oral o con sus acciones en la maqueta desde sus diferentes modelos intermediarios (Clement, 2000). La maqueta conecta con los modelos intermediarios de los escolares dado que no sólo se habla de lo que se ve y de lo que se hace, sino que esto se filtra a través del modelo que cada uno va construyendo. Para esto último es importante la continuidad que proporciona la

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G ‘Simulación de un incendio’

maqueta en la conversación al generar un *registro histórico* de las actividades, en el cual van quedando ‘escritas’ las decisiones del tipo mover un animal, debido a que permite a los escolares seguir los acontecimientos y la argumentación.

Por otra parte, y nuevamente sobre la conversación del fragmento anterior de la secuencia *Gs13* podemos decir que la maqueta se convierte también en un *mediador entre el fenómeno del incendio forestal, un hecho del mundo complejo y de difícil representación y la interpretación a través del modelo sobre la huida de los animales, partiendo de las ideas de los escolares*, específicamente de los insectos. Los insectos responden al incendio, dada su capacidad de percibir y responder a estímulos. La huida de los animales se constituye en un hecho científico escolar dado que es generado desde el modelo ser vivo. La maqueta es un intermediario ya que permite simplificar el fenómeno de los incendios o hecho del mundo haciéndolo accesible a la visualización y manipulación por parte de los escolares, permite ir reconstruyendo de forma paulatina y enfocada los fenómenos tomando en cuenta la función relación del modelo.

En las últimas secuencias *Gs14*, *Gs15* y *Gs16* se habla sobre los lugares dónde los escolares han colocado los animales que han huido del incendio. Por la forma como se habla de la maqueta en estas secuencias, se puede observar que tanto ésta como las cosas que se hicieron en ella, están ahora observadas a través del modelo. Como expresa Arcà (1990) se ha generado una forma diferente de ‘ver’.

### Fragmento Gs14

D1.- ... hemos movido a nuestros seres vivos y los hemos puesto en un lugar | ... por qué lo han puesto ahí?

Na.- **porque hay unos árboles y está lejos del incendio y no le llegará**

D1.- ahí **estamos pensando en la relación** | porque será un lugar donde no le llegará el humo del fuego ni el calor |

### Fragmento Gs15

D1.- pero dijimos que íbamos a pensar en tres cosas siempre | en qué más tenemos que pensar?

No.- en la alimentación

D1.- **que se pueda alimentar** | que tal si llega a un lugar donde **no hay fuego pero no hay alimento**

### Fragmento Gs16

No.- donde **haya otros del mismo tipo**

D1.- también para **que se pueda reproducir** | ...

### **5.4.2.2. Respecto a quién promueve la evidencia**

En las secuencias *Gs6*, *Gs7*, *Gs8*, *Gs9*, *Gs11*, *Gs12*, *Gs14* y *Gs16* la evidencia es promovida en *interacción*. En la secuencia *Gs10* es promovida por los *alumnos* y las *Gs13* y *Gs15* por la *docente*.



En la secuencia *Gs10* la evidencia por maqueta es sustentada por un **alumno** y se relaciona con el movimiento directo de animales en la maqueta.

Fragmento Gs10

D1.- quién más va a pasar a mover este jabalí | quieres pasar a mover otros

Na.- **muévelo para allí porque ahí está el sol**

En cuanto a las secuencias promovidas en **interacción** docente – alumnos, la participación de la docente se centra básicamente en *organizar las participaciones y las actividades en torno a la maqueta* y, como se observa en los fragmentos, tienen que ver con pedir a los escolares que pasen a mover los animales y llamar la atención sobre algunos elementos de la maqueta.

Fragmento Gs7

D1.- -- **pasa a moverlos** || y cómo es que las aves saben que hay un incendio?

...

Fragmento Gs9

D1.- ... qué pasaría por ejemplo si **aquí este jabalí** no pudiera ver el fuego | y no pudiera escucharlo | qué le pasaría?

Fragmento Gs11

D1.- **a ver Javi pasa a mover**

Na.- mira este pájaro lo pondría acá

Ns.- [muchos comentarios]

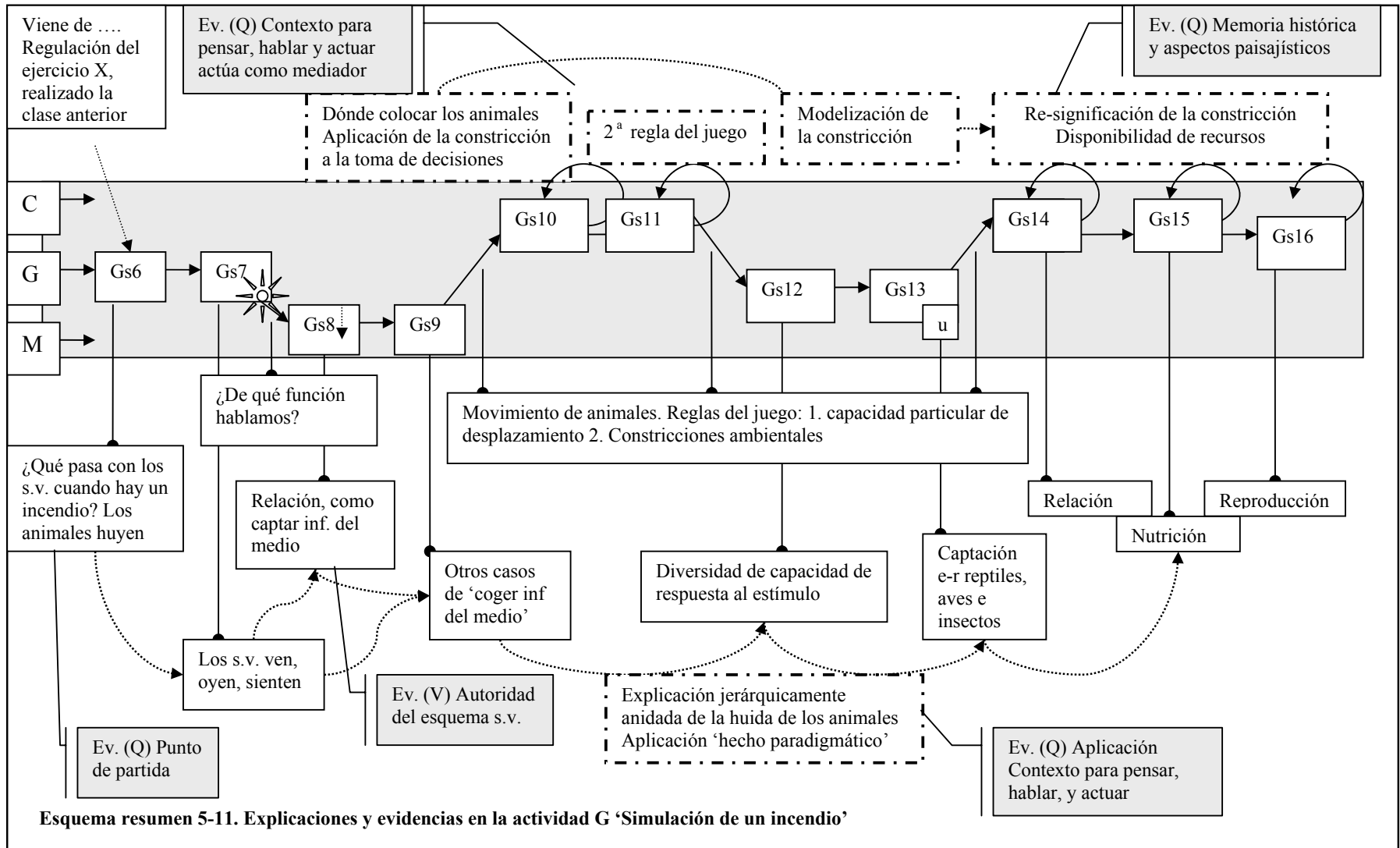
Na.- lo voy a poner donde hay árboles para que se salve

D1.- **a ver pasa a mover los otros**

Por otra parte las participaciones de *los escolares se relacionan con la acción sobre la maqueta*. Tanto docentes como escolares dirigen la mirada constantemente a la maqueta, generando conjuntamente la evidencia y construyendo el aprendizaje negociando significados.

#### **5.4.2.3. Síntesis de las evidencias: la maqueta como contexto para el pensamiento, el lenguaje y la acción.**

Para visualizar los momentos en que se presentan evidencias, hemos complementado el esquema resumen 5-10, situando las evidencias y generando el esquema resumen 5-11. Las evidencias las representamos en recuadros de tipo ‘llamada’ usando una línea continua y un sombreado gris que nos permite identificarlas como elementos nuevos.



De lo analizado en relación a las evidencias de la actividad G ‘Simulación de un incendio’ podemos decir lo siguiente:

1. En relación a la **construcción de significados** en el modelo ser vivo encontramos que las evidencias refuerzan los momentos de construcción de nuevos significados en sus dos vertientes: entre secuencias discursivas y al interior de una secuencia discursiva.

- 1.1. Dentro de **una misma secuencia** discursiva

- 1.1.1. De tipo **generalización**. La evidencia proveniente de la maqueta se relaciona con la posibilidad de desplazamiento diferencial de animales, a través de la particularización de los elementos y su asociación al modelo ser vivo. Se incorporan los **complementarios: unidad – diversidad**: todos los seres vivos responden a estímulos, pero cada uno lo hace de manera diferente.

- 1.1.2. De tipo **constricción**. Las cuales son generadas a partir del **movimiento de los elementos de la maqueta**. La evidencia viene dada, de forma natural, por el hecho mismo de manipular la maqueta.

- 1.2. **Entre secuencias** discursivas

- 1.2.1. Entre secuencias **de tipo constricción** en las que **se modeliza la constricción**. La maqueta permite la **contextualización** en dos niveles: en la **conversación** ya que se habla de una situación concreta de incendio, y en los **elementos** (plantas y animales), su distribución espacial, temporal y contextual. La contextualización de los elementos permite generar una **visión dinámica** de los seres vivos. Los escolares identifican las interacciones, y al actuar sobre la maqueta, ésta permite o limita su acción, estableciéndose una relación con las constricciones.

- 1.2.2. Entre secuencias tipo **generalización, mecanismo y constricción** en las que se genera una explicación jerárquicamente anidada respecto a la huida de los animales durante el incendio. La **maqueta se constituye en el hilo conductor de la conversación como fuente de fenómenos a explicar**. La función de la docente es la de organizar las participaciones y las actividades en torno a la maqueta y la de los escolares se relaciona con la toma de decisiones y con la acción sobre la maqueta.

2. En relación al **tipo de evidencias**, encontramos que la mayoría están basadas en la maqueta y sólo encontramos una evidencia por otras fuentes basada en la autoridad.

- 2.1. Respecto a la evidencia por **otras fuentes**, esta proviene de la **autoridad que constituye un conocimiento consensuado y aceptado como válido** por

los escolares y la docente y que se recoge en el esquema de ser vivo elaborado con antelación (actividad A).

2.2. Respecto a la evidencia **por maqueta**, encontramos que:

2.2.1. **Crea un contexto para la conversación y para pensar, hablar y actuar al construir nuevos significados**, en el que se produce la generación de un hecho científico escolar a partir de un hecho del mundo.

2.2.2. **Se convierte en un mediador**, en tres dimensiones.

2.2.2.1. Media entre **las idea de partida de los escolares respecto a que los animales huyen y la las ideas a las que las docentes pretende que lleguen al construir el modelo en la función relación**. Gracias a la contextualización de la conversación y de los elementos, genera un punto de partida para los escolares sobre qué seres vivos hay y cuáles son las condiciones del incendio, así como la posibilidad de aplicar sus ideas en la acción sobre la maqueta.

2.2.2.2. Media entre **el incendio forestal como un hecho del mundo complejo y de difícil representación y la interpretación de huida de los animales como respuesta a un estímulo –el incendio–** que al verse desde el modelo ser vivo se considera un hecho interpretado. Permite una visualización de los diferentes seres vivos que huyen como casos específicos a explicar que se presentan contextualizados en el espacio, el tiempo y en su relación con otros seres vivos y el medio. Además existe un seguimiento de los cambios que se van produciendo al actuar sobre la maqueta, permitiendo generar una representación que no deja de lado la complejidad pero la delimita y por tanto, posibilita su explicación a través del modelo ser vivo.

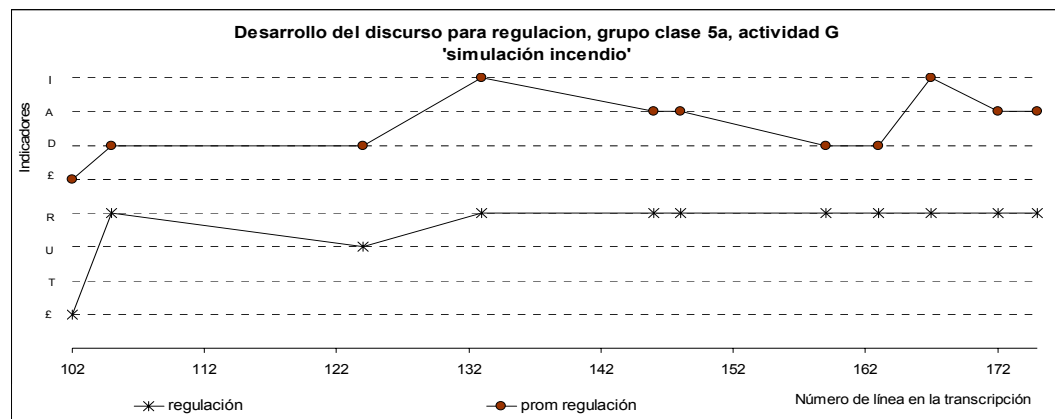
2.2.2.3. Media entre **los diferentes niveles de construcción parte de los escolares** al explicar la huida de los animales y dónde se les coloca, dado que la acción es compartida en el contexto del incendio en la maqueta, con sus elementos y disposición espacial. Esto permite tomar decisiones individuales pero reguladas por las actividades que los otros realizan. A su vez se genera el registro histórico en el que cada escolar puede reconstruir las decisiones de sus compañeros/as.

2.2.3. La maqueta se convierte **en un tercer actor**. Su importancia se refuerza por el hecho de que es fundamental en la elaboración de evidencias en esta actividad y además por generar un registro histórico

que permite revisar las acciones tomando en consideración su relación con las ideas del modelo ser vivo en sus funciones relación, nutrición y reproducción.

### 5.4.3. Análisis de la regulación

A continuación presentamos el análisis de los indicadores relacionados con la regulación para la actividad G, específicamente de las secuencias de simulación *Gs6* a *Gs16*. Partiendo de los resultados de la segunda etapa del análisis construimos la gráfica 5-9 en el eje de las ordenadas presentamos los símbolos: *sin regulación* (£), *transformación* (T), *uso* (U), *regulación* (R), *docente* (D), *alumnos/as* (A) e *interacción* (I). En el eje de las abscisas el número de línea en la transcripción.



Gráfica 5-9. Distribución en el tiempo de la regulación y quién la promueve, en el grupo clase 5a, actividad G ‘Simulación de un incendio’.

#### 5.4.3.1. La regulación

En la primera secuencia de simulación, correspondiente a la secuencia *Gs6*, la identificamos *sin regulación*. Esta secuencia es el punto de partida para los escolares al expresar que los seres vivos huyen ante un incendio.

En la secuencia *Gs7*, se inicia la *regulación* de la idea de que las aves huyen. Tal como observamos en otras actividades la regulación es más compleja que la sencilla introducción de una idea y se extiende a lo largo de varias secuencias discursivas, en este caso, podemos decir que la regulación de la idea de por qué las aves salen volando es la intención de toda la actividad.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G ‘Simulación de un incendio’

Así se introduce aquí la idea de que las aves vuelan porque detectan que hay un incendio. La docente llama la atención sobre la idea inicial: los animales huyen, para profundizar en su explicación, solicitando a los escolares desplieguen las ideas que tienen en relación a *por qué* sucede que las aves huyen. Esta forma de regulación la hemos encontrado en otras secuencias en las que la docente *realiza preguntas para que los escolares amplíen sus explicaciones, pero en un sentido particular*. En este caso, como observamos en el fragmento siguiente, la docente hace dos preguntas, en la primera busca dicha explicación, sin embargo en la contestación que realiza la niña confunde causas y consecuencias, lo cual es común en los niños/as pequeños (Donaldson, 1986), por lo que la docente hace un llamado de atención e insiste en la pregunta. Como se observa, los escolares captan el sentido de la pregunta y despliegan una serie de ideas.

### Fragmento Gs7

D1.- -- pasa a moverlos || y **cómo es que las aves saben que hay un incendio?**

Na.- **porque vuelan**

D1.- **a ver porque vuelan no | vuelan porque saben que hay un incendio/**

No.- **porque lo ven**

Na.- == **perquè fa olor**

...

Na.- **por el olfato**

Na.- == por el olfato

Na.- **porque sienten el calor**

Así, la docente gestiona la conversación a través de propiciar la regulación ahondando en el sentido que permita a los escolares pensar en las ideas del modelo ser vivo. A esta forma de gestionar la conversación se le hemos llamado *flecha de dirección*. La denominación flecha de dirección alude a la definición previa de un ‘blanco’ como un objetivo o propósito a lograr, en este caso el modelo de ciencia escolar de ser vivo. El modelo a construir es llamado por Clement (2000) “*target model*” o modelo blanco. Utilizamos esta analogía de Clement para llamar flecha de dirección a la forma como la docente gestiona la conversación dirigiéndose hacia un blanco. Una idea similar sería la apropiación del patrón temático por parte de los escolares, en el que a través de la incorporación de formas de ver y expresar, las formas de explicar de la docente y los escolares coinciden (Lemke, 1997).

El análisis que realizamos nos permite identificar que existe flexibilidad en la conversación entre docentes y alumnos/as, creándose los contextos de argumentación en los que los significados se construyen en interacción, sin embargo, *la flexibilidad en la conversación no desvía la flecha de dirección de las docentes*. Esta forma de gestionarla sería diferente en otros planteamientos curriculares, por ejemplo en un trabajo por proyectos<sup>3</sup> en los que, en principio, no se establece el modelo blanco sino

---

<sup>3</sup> Los proyectos de trabajo ideados por Kilparick a principios del siglo pasado, han sido adaptados y enriquecidos con las aportaciones que la psicología y la pedagogía han realizado desde entonces, principalmente el constructivismo, la importancia del contexto social en el aprendizaje y el papel de las estrategias metacognitivas, han aportado elementos importantes (Hernández, 1996). Esto se

que los escolares lo definen en función a sus intereses (Hernández, 1996; Mases y Molina, 1996; Ventura, 1996).

En la secuencia *Gs8* identificamos **regulación**, aquí se dirige la mirada a los mecanismos explicativos. Los escolares relacionan la generalización de la secuencia anterior *Gs7* con la función de reproducción, la docente solicita que lo piensen nuevamente, tal como se vemos en el fragmento siguiente.

Fragmento Gs8

D1.- de qué estamos hablando? | de estas tres?

Na.- la re | **reproducción**

D1.- **la reproducción?**

Na.- **no**

D1.- **sería la reproducción de las aves?**

Na.- que **cogen información del medio**

D1.- **cogen información del medio | eso es la relación |**

Tal como han reportado otros autores (Ogborn, *et al.* 1998) cuando la docente repite la idea en tono interrogativo, como en este caso cuando dice “¿la reproducción?”; los escolares saben que es una forma de corrección del tipo ¿estás seguro? En este caso los escolares se confunden por similitud fonética entre reproducción y relación. Como hemos visto en la sección de explicaciones, la palabra relación no es familiar a los escolares y utilizan una *descripción por omisión* cuando se requiere dar el nombre de la función. En este caso nuevamente los escolares parecen no recordar la palabra. Se puede hablar de una forma de *regulación del lenguaje*, dado que la docente introduce la palabra relación: “cogen información del medio, eso es la relación”.

En la secuencia *Gs9* se realiza la **regulación** de la idea estímulo, en este caso *la docente integra una serie de ejemplos mencionados por los escolares en una categoría más abstracta que los engloba: estímulo*. Nuevamente los ejemplos sirven para ayudar a generar la abstracción.

Fragmento Gs9

D1.- el calor | la luz del fuego | el sonido del incendio | **eso es lo que dijimos que era los estímulos** | nos dan información ||

En las secuencias *Gs10*, *Gs11* y *Gs12* identificamos **regulación** de la acción. En estas secuencias como podemos observar en los fragmentos, la regulación se realiza sobre las acciones de los escolares, generándose *precisiones de lugar y forma*.

---

traduce en una metodología donde los niños se plantean la pregunta de trabajo, involucrándose en su propio aprendizaje y según sus motivaciones y guiados por el profesor o profesora, deciden el camino a seguir, poniendo en práctica diversos modos de apropiarse de la información, así dan respuesta a su pregunta y la dan a conocer a la comunidad, con lo que interaccionan con su medio.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G ‘Simulación de un incendio’

### Fragmento Gs10

Na.- **muévelo para allí** porque ahí está el sol

### Fragmento Gs11

D1.- **no podemos hacer esto | muévelo como se mueve él**

### Fragmento Gs12

No.- el caracol se mueve poco

D1.- fíjense hay un problema con los insectos | los insectos **se mueven despacio | no se pueden mover tanta distancia <...>**

En la secuencias *Gs13* identificamos **regulación** de la idea relacionada con la diversidad de respuestas de los animales, especialmente referidas a sus *posibilidades de desplazamiento*. Esta regulación toma la forma de recapitulación de lo dicho, como observamos en el fragmento son utilizados *los comparativos y la enumeración*. Esta regulación sirve de base para la que se presenta en las siguientes secuencias.

### Fragmento Gs13

D1.- muy bien **todos los que han pasado** || los insectos **pueden también** ver el fuego | escuchar | pero || eso es que pueden recibir también los estímulos | **pero cuando** responden a ese estímulo **no pueden** volar tan lejos como las aves | verdad **sólo se pueden mover** poco | **cada ser vivo es distinto | algunos pueden** ver desde muy lejos | **algunos** ven más de cerca | **algunos** pueden salir volando muy lejos | **otros sólo** pueden volar cerca | si?

En las secuencias *Gs14*, *Gs15* y *Gs16* observamos **regulación** y *se refiere tanto a la acción, como al lenguaje, como a las ideas, relacionándolas*. Se puede decir que es un tipo de **regulación global**. En estos casos se toman en cuenta las cosas que se han dicho, las ideas del modelo y las acciones realizadas sobre la maqueta, *“habíamos dicho que cuando los pusiéramos en algún lugar debíamos de pensar por qué los poníamos ahí”*. Como ya mencionamos en la sección evidencias, la maqueta genera un registro histórico que permite retomar los tres aspectos y regularlos. La regulación toma la forma de recapitulación, en la que se integran los tres aspectos y se recurre a los acuerdos establecidos: “habíamos dicho”. Aunque es una regulación global, podemos observar en los fragmentos siguientes que la **reflexión sobre la acción se erige en el eje conductor de la regulación**.

### Fragmento Gs14

D1.- una cosa que **hay que pensar** es que **hemos movido** a nuestros seres vivos y los hemos puesto en un lugar | **habíamos dicho que cuando los pusiéramos en algún lugar debíamos de pensar por qué los poníamos ahí** | los que han dicho acá acá por qué lo han puesto ahí?

Na.- porque hay unos árboles y está lejos del incendio y no le llegará

D1.- ahí **estamos pensando en la relación** | **porque será un lugar donde** no le llegará el humo del fuego ni el calor |

### Fragmento Gs15

D1.- **pero dijimos** que íbamos a pensar en tres cosas siempre | **en qué más tenemos que pensar?**

No.- **en la alimentación**



D1.- que se pueda alimentar | **que tal si llega a un lugar donde** no hay fuego pero no hay alimento

Fragmento Gs16

No.- donde haya otros **del mismo tipo**

D1.- también para que se pueda **reproducir** | muy bien | ahora vamos a hacer otra actividad

Tanto la simulación como la experimentación, vistas desde la ciencia escolar, tienen un papel importante en la construcción del modelo. Precisamente su importancia deriva de la posibilidad de trabajar en el aula con los tres aspectos mencionados: el lenguaje, el pensamiento y la acción. Como mencionan Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999) en coherencia con las principales ideas en torno a la construcción de conocimiento científico escolar:

“La transposición didáctica ha de crear el escenario adecuado para que **lo que el alumno haga, piense y escriba** este relacionado significativamente y, a la vez, sea lo que requiere el currículo. Si esto se consigue, el alumnado estará haciendo ciencia según el MCC (*Modelo Cognitivo de Ciencia*), puesto que estará actuando con una meta y utilizando un pensamiento abstracto para intervenir en el mundo”. (Las negritas son nuestras).

La simulación en el aula debe tener, al igual que la experimentación, un papel importante en la clase de ciencias. Como hemos descrito en este trabajo, la simulación puede asociarse a la metodología de reconstrucción de eventos que Mayr relaciona con la investigación de las causas remotas, mientras la experimentación la asocia con el estudio de las causas próximas (Mayr, 1992).

Otro aspecto a resaltar en este punto se refiere a otros atributos que consideramos importantes en el desarrollo de los modelos teóricos en el ámbito de la ciencia escolar: “la creatividad en la elaboración de argumentos y de aplicación para que los conocimientos normativos adquieran sentido y proporcionen autonomía” (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999).

En este sentido la actividad en la maqueta puede considerarse como ‘actividad científica escolar’ ya que además de propiciar una relación entre pensamiento, lenguaje y acción, permite a los escolares la toma de decisiones y el desarrollo de cierta autonomía en la aplicación del conocimiento, aunque ciertamente dicha autonomía se limita al ámbito restringido de la acción sobre la maqueta.

#### **5.4.3.2. Respecto a quién promueve la regulación**

Las cuatro secuencias en las que identificamos que la regulación fue promovida por la *docente* fueron la *Gs7*, *Gs8*, *Gs12* y *Gs13*. En las secuencias *Gs7* y *Gs8* la docente

## 5. Análisis interpretativo de la actividad G ‘Simulación de un incendio’

gestiona la conversación a través de preguntas que llevan la mirada de los escolares a la función relación. Por otra parte, en las secuencias *Gs12* y *Gs13*, la regulación se da a través de instrucciones que plantean la 2ª regla del juego para la modelización.

Las cuatro secuencias en que identificamos que la regulación es promovida por los **alumnos/as** fueron la *Gs10*, *Gs11*, *Gs15* y *Gs16*. Todas ellas secuencias de tipo constricción y relacionadas con la acción de mover animales en la maqueta. En estas secuencias observamos *co-regulación* y *auto-regulación* en los escolares.

Un ejemplo de co-regulación se presenta en el fragmento siguiente:

### Fragmento Gs10

D1.- quién más va a pasar a mover este jabalí | quieres pasar a mover otros

Na.- **muévelo para allí porque ahí está el sol**

Podemos observar que una escolar llama la atención a otro sobre el lugar donde puede colocar el jabalí que esta moviendo en ese momento. La escolar se dirige directamente a su compañero diciéndole el lugar que propone se ubique el jabalí pero también expresa la razón por la que considera que debe colocarse en ese sitio.

Por otra parte, un ejemplo de auto-regulación podemos observarlo en el fragmento siguiente.

### Fragmento Gs11

D1.- a ver **Javi pasa a mover**

Na.- **mira este pájaro lo pondría acá**

Ns.- [muchos comentarios]

Na.- **lo voy a poner donde hay árboles para que se salve**

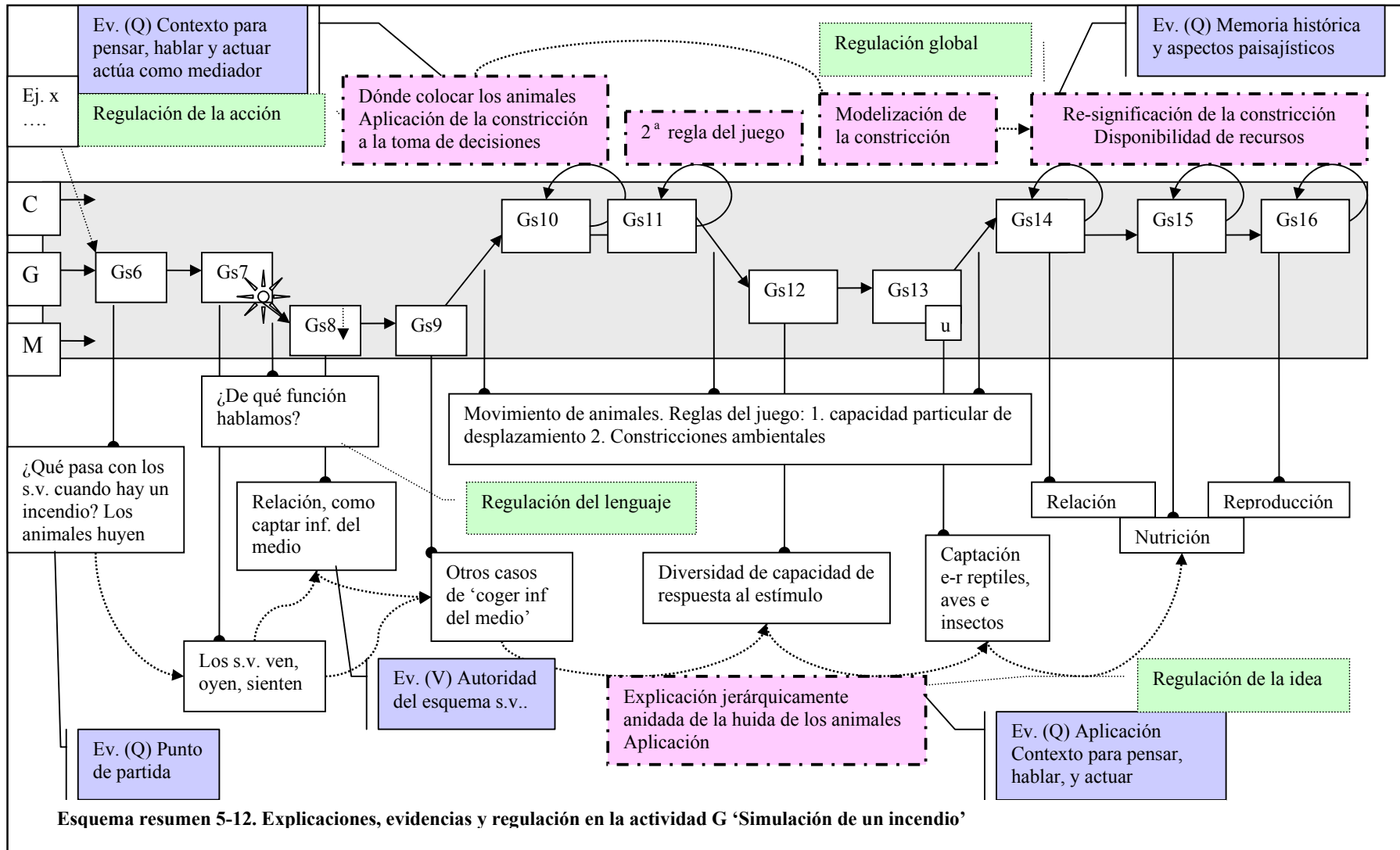
El niño, en principio mueve el pájaro, posteriormente hace una reflexión general del tipo “para que se salve”, siendo ésta la razón que subyace a su elección de sitio. En este caso la docente no hace ninguna pregunta directa respecto a cuáles son las razones del escolar. El niño hace una reflexión espontánea y valoriza ante los otros su decisión.

Las secuencias en las que la regulación se realiza en **interacción** son las *Gs9* y *Gs14*.

### **5.4.3.3. Síntesis de la regulación: La relación del lenguaje, del pensamiento y de la acción.**

Tomando en cuenta los apartados anteriores sintetizamos presentamos el esquema resumen 5-12, la regulación la colocamos en recuadros tipo ‘llamada’ con línea punteada y con fondo verde claro. Podemos decir:

1. Hemos identificado **cuatro formas de regulación** en la actividad E: **la regulación de las ideas, la regulación del lenguaje, la regulación de la acción y la regulación global.**
  - 1.1. La regulación **del lenguaje** se presenta al **precisar las formas de nombrar**, las cuales se presentan en un proceso de uso a manera de prueba y regulación por parte de la docente, esto lo encontramos específicamente para la **relación.**
  - 1.2. La regulación **de las ideas**, la encontramos principalmente en las secuencias de generalización y mecanismos. Aquí se regula la idea de **capacidad de los seres vivos para captar estímulos y dar una respuesta y su diversidad.** En algunos casos la docente, con la guía de una flecha de dirección, elabora preguntas que ayudan a los escolares a desplegar sus ideas generándose dicha regulación. El uso del término flecha de dirección se deriva de la analogía de Clement (2000) sobre “*target model*” o modelo blanco, como finalidad en la construcción de modelos. Identificamos la flecha de dirección como una guía para la regulación por parte de la docente.
  - 1.3. La regulación **de la acción** la identificamos en secuencias de construcción y se **relaciona con el hecho de mover a los animales que huyen del incendio.** La toma de decisiones por parte de los escolares se relaciona con la posibilidad de autonomía en la aplicación del conocimiento.
  - 1.4. La **regulación global** la identificamos **en las secuencias de construcción.** Se **refiere a la regulación tanto de la acción, como del lenguaje, como de las ideas, relacionándolas.** Se articula significativamente lo que se piensa y lo que se dice, con lo que se hace; la acción realizada en la maqueta es el punto de guía para la regulación global. Por lo anterior, consideramos que **la simulación del incendio en la maqueta ha promovido la regulación global.** Otro aspecto importante es el registro histórico generado por la maqueta, ya que permite recuperar lo dicho, lo pensado y lo hecho. La simulación se valora en este sentido y se relaciona con la propuesta de Mayr (1998) como metodología de reconstrucción de eventos de las causas remotas.
2. Identificamos **auto-regulación y co-regulación en los escolares**, relacionadas con la **regulación de la acción** que a su vez se vincula con el movimiento de los animales en la maqueta.



## 5.5. Actividad L ‘El bosque se regenera’

Previamente a la realización de esta **actividad L** las docentes han substituido en la maqueta los árboles elaborados por los escolares por troncos (ramas) quemados. La maqueta presenta el aspecto de un ‘bosque quemado’. Cuando los escolares llegan al aula encuentran la maqueta con esa apariencia. La actividad empieza y ellos comentan qué cosas podrían pasar con los seres vivos después de un incendio. La conversación se centra en la regeneración del bosque (fotografía 4). Se comentan los cambios que se producirían durante los primeros seis meses y por qué. De acuerdo a lo hablado se realiza la simulación manipulando la maqueta al colocar elementos (plantas y animales).

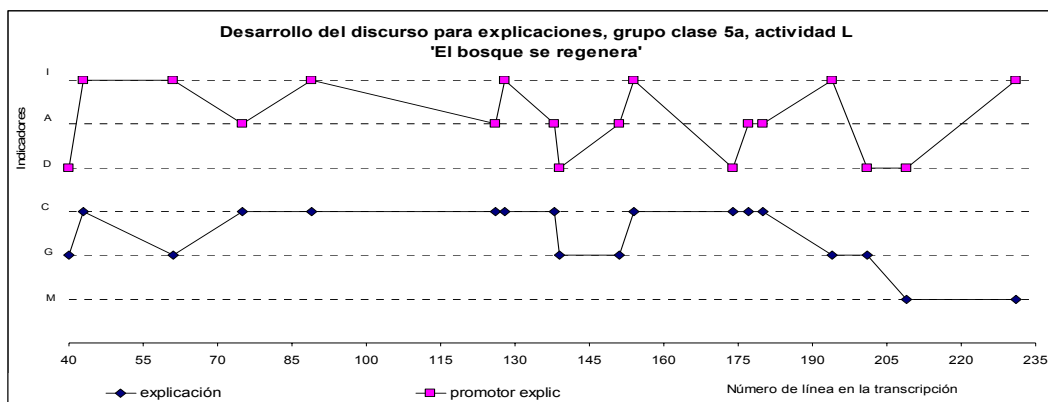


Fotografía 5-4. Aspecto de la maqueta tras la simulación de regeneración del bosque, cuando se considera que han pasado seis meses. A la derecha, detalle de insectos colocados juntos pensando en que se puedan reproducir.

### 5.5.1. Análisis de las explicaciones

A continuación analizamos las explicaciones de la actividad L, tomando en cuenta los resultados de la segunda etapa del análisis, construimos la gráfica 5-10. En el eje de las ordenadas se presentan los indicadores: *mecanismos* (M), *generalizaciones* (G), *constricciones* (C), *docente* (D), *alumno/a* (A), *interacción* (I), en el eje de las abscisas el número de línea en la transcripción.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’



Gráfica 5-10 Desarrollo del discurso para las explicaciones y quién las promueve en la actividad L ‘El bosque se regenera’.

### 5.5.1.1. Las explicaciones

Esta actividad la dividimos en 18 secuencias discursivas. En la primera secuencia *Ls1*, que identificamos como de **generalización tipo condensación**, como se observa en el fragmento, la docente parte del reconocimiento del aspecto general del bosque quemado y se identifica que existen diferentes zonas.

#### Fragmento Ls1

D1.- vemos **como quedo el bosque después del incendio** | los árboles se quemaron y los animales huyeron || yo observo que **hay una zona que está más quemada y otra menos quemada** | **aquí hay unos pocos de árboles** | **por qué?** | a ver primero Marisol | luego Abraham | luego Josy | por qué?

Diferencias espaciales en las zonas quemadas

Posteriormente, en la secuencia *Ls2*, se produce un *movimiento escalar* hacia **constricción**. Este se debe a que los escolares hacen referencia a observaciones sobre las condiciones en que se encuentra la maqueta en función a los elementos que había antes del incendio, como observamos en el fragmento, especialmente retomando la distribución espacial de los árboles y reconociendo las diferencias en la forma como éstos se queman.

**Generalización.**- Identificación del patrón del fenómeno. Situada en el nivel organismo.

- **Gen. por condensación.**- frase sumaría de varias observaciones.
- **Gen. por simplificación.**- Identificación de la esencia del fenómeno.
- **Gen. por unificación.**- Emparejamiento de dominios

**Mecanismo.**- Mirada al nivel inferior de organización. Explica causalmente el patrón del fenómeno

**Constricción.**- Mirada al nivel superior de organización. Explica causalmente las limitantes del fenómeno.

Fragmento Ls2

Na.- en **esta banda es donde había pinos y la otra banda es donde teníamos les alzines**

No.- lo mismo

Na.- si también

...

Na.- este era un pino y no se ha quemado todo

D1.- está muy alto quizás las flamas no alcanzaron hasta arriba | si se fijan está a punto de perder su follaje

No.- **que también es diferente en alzines sureres | está era una alzina surera**

D1.- y cuál sería la diferencia

No.- **porque tienen suro**

D1.- si esta serán *las sureras* | el **suro** que es el corcho les protege

Na.- **y los robles?**

D1.- dónde estaban?

Na.- **por acá**

D1.- estaban por acá verdad?

Na.- **también se han quemado mucho**

D1.- porque no tienen una protección como la *alzina surera*

Na.- si se queman mucho

Diferencias en la distribución espacial de árboles  
distribución agregada o por parches

En el fragmento podemos apreciar cómo *los niños y las niñas se han apropiado de la configuración del paisaje* en la maqueta. Cabe mencionar que al llegar al aula uno de los niños comenta “*aquí había una árbol, ¡falta!*”. Lo anterior, así como las expresiones del fragmento precedente indican que los escolares tenían una representación espacial de los elementos constituyentes de la maqueta.

El conocimiento de la distribución espacial de los componentes del bosque-maqueta *favorece la visualización de algunas constricciones*, ya que permite a los escolares establecer relaciones entre sus observaciones del aspecto de la maqueta quemada y las variables poblacionales como la distribución de la vegetación. Las causas de que los escolares hayan llegado a reconocer la distribución espacial de los seres vivos en la maqueta pueden deberse a que: a) Personalmente construyeron los prototipos de las cuatro especies de árboles y de los animales, b) realizaron personalmente el montaje de árboles y animales decidiendo dónde colocar cada uno y quizás la más importante y c) realizaron todo este proceso en interacción, dándose además a todo lo largo de las actividades procesos de regulación (ver por ejemplo actividad E ‘Montaje de árboles’).

Cabe comentar que la diferencia con este tipo de simulación y una realizada en ordenador podría encontrarse en este tipo de detalles. Sería difícil que los escolares tuvieran una visión paisajística tan clara si ellos y ellas no hubieran realizado en interacción el trabajo de elaborar los árboles y el montaje en la maqueta. Una de las ventajas de las simulaciones en ordenador es la facilidad de ‘hacer’, es decir de obtener resultados de una forma rápida, otra es la de trabajar de manera individual sin una necesaria interacción con otros compañeros/as y con procesos de regulación integrados en la misma simulación y la posibilidad de realizar la tarea en número

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

infinito de pruebas, sin embargo, creemos que estas ventajas deben ser utilizadas con cautela, especialmente considerando las características de la construcción de modelos en la ciencia escolar, donde la reflexión y la interacción son consideradas variables importantes (Izquierdo *et al.*, 1999).

Como ya hemos mencionado, la maqueta como elemento de simulación se convierte en un mediador entre el modelo de las docentes o que las docentes pretenden que construyan y las ideas de partida de los escolares. Para que esto suceda han de generarse unas reglas del juego para la modelización que permitan transitar de uno a otras. Como todo juego, las reglas tienen sentido para jugar, para comprender y regular el juego. La distribución por parches de los árboles de la maqueta, identificada por los escolares en la secuencia *Ls2*, se debe a la aplicación de una de estas reglas del juego para la modelización. Dado que los escolares han realizado el montaje personalmente y en interacción se han apropiado no sólo de la regla del juego sino del resultado obtenido al aplicar la misma. La interacción y regulación realizadas para la elaboración y montaje les hace sentir la maqueta como suya (“aquí había un árbol, ¡falta!”) y reconocerla en su visión amplia - paisajística (“en esta banda teníamos pinos y la otra banda es donde teníamos *les alzines*”) y a detalle – los seres vivos que la conforman (“está era una alzina surera” “tiene el *suro*” [por eso no se ha quemado mucho]).

Hasta el momento hemos tenido oportunidad de observar algunas simulaciones en ordenador relacionadas con los incendios forestales, sin embargo, éstas no toman en cuenta la 1ª regla del juego para la modelización<sup>1</sup> que se ha encontrado planteada en este trabajo. Por otra parte, en la simulación por ordenador el montaje de árboles incluye un sólo tipo de árbol, y se realiza a través de formulas de abundancia y distribución agregada. Se puede decir que estas simulaciones no están dirigidas a construir el modelo de ser vivo, sino a comprender otros aspectos relacionados con los incendios, como por ejemplo la forma de propagación y el impacto del incendio dependiendo de la abundancia y distribución de árboles. Más que a interpretar el fenómeno se dirigen a hacer conciencia del impacto de los incendios en los bosques y la influencia de la abundancia de combustible (árboles).

Uno de los aspectos que nos han comentado en relación a esta propuesta didáctica se relaciona con el tiempo requerido para elaborar y montar la maqueta. Al respecto consideramos que este proceso es parte importante de la construcción del modelo. La elaboración en interacción de los prototipos permite a los niños y las niñas apropiarse de los elementos que forman parte del bosque y reconocerlos. Podrían utilizarse elementos ya elaborados para ahorrar tiempo, sin embargo, el hecho de que los niños y las niñas los elaboren, puede además tener un componente emocional y motivacional valioso por el que bien vale el tiempo y recursos utilizados. Por otra parte, el montaje permite, como vimos en el análisis de la actividad E ‘Montaje de árboles’, construir nuevos significados y avanzar en el proceso de modelización.

---

<sup>1</sup> Para colocar cada árbol se ha de tomar en cuenta el tipo de semilla, su posibilidad de dispersión, la presencia de luz, y la presencia o ausencia de otros seres árboles. Es decir hemos de tomar en consideración las constricciones.



En la secuencia *Ls3* se produce un *movimiento escalar* hacia **generalización tipo simplificación**. En esta secuencia se comienza a hablar sobre la regeneración del bosque. Al inicio de la unidad didáctica, durante la exploración de ideas de partida de los escolares (y en las otras dos unidades didácticas aplicadas), observamos que *los escolares ven la recuperación del bosque como un evento inmediato (sin mediación temporal) y no como un proceso de sucesión de etapas y facilitadores que se van generando en cada una*. Esta visión estática también es reportada por otros investigadores, que constatan que tanto los escolares como los estudiantes para profesores/as no visualizan el proceso de sucesión (Fossati y Reynaud, 2004).

Durante el proceso de sucesión van sucediéndose especies que crean condiciones que facilitan el que vayan apareciendo otras. Las constricciones están presentes antes de que aparezcan dichos facilitadores. Puede ser por esta razón que en esta sesión la mayoría de las secuencias discursivas encontradas son de tipo constricciones, dado que se está trabajando precisamente las necesidades para que se vayan dando las etapas de la sucesión.

Así, en esta tercera secuencia *Ls3* se parte de las ideas iniciales de los alumnos. En la primera parte de la secuencia, reproducida en el fragmento siguiente, los escolares expresan la idea “saldrían plantas”.

Fragmento Ls3

D1.- ahora vamos a imaginar que pasa un día | dos días | vamos a imaginar que ya ha pasado todo un mes | qué creen que podría suceder | **qué podría cambiar**  
[hay muchas manos levantadas]  
D1.- a ver voy a ir en este orden y la siguiente de aquí para allá  
Na.- **que empezarían a salir plantas**

Posteriormente la docente elabora una serie de preguntas para finalmente, como podemos observar en el fragmento siguiente, llegar a la *controversia* sobre la procedencia de las semillas.

Fragmento Ls3

D1.- y pensando como científicos nos tienes que decir el **por qué?**  
No.- **porque ya pasó mucho tiempo y empiezan a salir**  
D1.- y **de dónde salen** esas plantas  
No.- **de la tierra**  
D1.- la tierra | los pedacitos de tierra se convierten en una planta  
No.- **no los humanos ponen llavors**  
D1.- a los humanos las ponen?  
...

Qué sucede? Crecen las plantas, semillas, ¿de dónde vienen???
---------------------------------------------------------------

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

En esta secuencia se pone de manifiesto el surgimiento de incomprensiones y malentendidos reportados por varios autores que estudian la interacción a través del análisis del discurso (Edwards y Mercer, 1988; Candela, 1996). Los escolares no interpretan lo que las docentes buscan ante la pregunta ¿por qué salen plantas? y ¿de dónde salen? Ante la primera pregunta comentan “porque ya pasó mucho tiempo” y ante la segunda “de la tierra”. Finalmente ante la insistencia de la docente los estudiantes mencionan la semilla, que es la idea que ella quería incorporar en la discusión. Esta idea, como veremos más adelante, será significativa para el desarrollo de la actividad.

Posteriormente, en la secuencia *Ls4*, se produce un *movimiento escalar* hacia *constricciones*. Este se debe al comentario de los escolares sobre la posibilidad de regreso de los animales que huyeron, el cual desencadena una construcción relacionada con la vuelta de los animales: la necesaria presencia de vegetación. Como observamos en el fragmento se discute la necesidad de árboles.

### Fragmento Ls4

Na.- **también vendrían animales**

Na.- **no | mientras no haya muchos arbustos no vienen**

D1.- **cuándo vendrían** animales y qué animales?

Na.- **cuando los árboles estuvieran grandes**

D1.- ahh || pero ahora apenas **estamos en un mes** eh | recuerden que a los cincuenta años ya tenemos de nuevo un bosque | pero en un mes?

[risas]

No.- **no habría aún árboles** | apenas empezarían a crecer *les arrels*

D2.- però no es pot dir arrels | es diu *raíces* o arrels

D1.- Abraham tiene razón | empezarían apenas a crecer las raíces

D2.- **recordeu el bosc cremat**

No.- **sí apenas había pocos árboles**

D1.- **y cuántos años hacia que se había quemado**

No.- muchos

Los animales no vuelven no hay vegetación
-------------------------------------------

En este caso podemos observar que las docentes llaman la atención sobre las ideas de partida de los escolares respecto a la regeneración del bosque sin mediación de tiempo y la ausencia de procesos relacionados con ello, pidiendo se consideren aspectos específicos como la necesidad de que transcurran varios años para que el bosque vuelva a tener árboles.

En la secuencia *Ls5*, que identificamos de tipo *constricción*, un niño retoma la controversia sobre la procedencia de las semillas a partir de las cuales crecen las plantas. Se realiza un largo intercambio entre los actores donde se discute sobre el posible origen de las semillas necesarias para que crezcan las plantas.

### Fragmento Ls5

No.- **Unos animales habrán ido a refugiarse a otro sitio** donde haya alimentación a alimentarse a otros sitios y ahora ido al bosque y **se habrán enganchado semillas y habrán ido al bosque y**

...

No.- sí | y **como los pájaros que vuelan | se encuentran con este bosque y pueden dejar las semillas**

D1.- miren Daniel nos está explicando lo que también decía Miquel | **si crecen plantas es porque debe haber semillas | de dónde vienen esas semillas?**

Ns.- = = [comentarios]

...

Na.- **de las que han caído de los árboles**

D1.- aquí tenemos unas que han caído hace poco y se quemaron por el incendio | pero hay **otras que están enterradas y otras que pueden resistir el fuego** | esas no se han quemado

No.- pero **cuando se empieza a quemar el bosque | eh | los árboles tiran las semillas | y después cuando los animales huyen las pueden enterrar y así quedan enterradas y después pueden crecer**

Na.- y también que las semillas **pueden caer y cuando los animales van corriendo**

No.- si antes del incendio caen semillas al suelo | **como en el pino que tiene muchas semillas** y después pueden crecer

No.- **yo creo que crecen de las raíces** que quedan debajo de la tierra

D1.- algunos pueden crecer de las raíces | pero la mayoría de las semillas || piensen que lo que tenemos en casa para comer como las lentejas | los frijoles

D2.- les mongetes

D1.- todas esas son semillas verdad? | *els pinyons* | son semillas | verdad?

Ns.- sí

D1.- **cuánto tiempo pueden durar las semillas en la alacena de mamá**

Ns.- días

...

Na.- doce horas

No.- no!! más

No.- pueden meses

No.- cinco años

No.- podrían ser muchos años

D1.- es algo interesante de las semillas | cuando los produce un árbol **pueden durar varios años | y pueden estar enterradas** | podrían haberse producido un año antes o dos |

pensando en esto a ver explícanos Miquel de dónde vienen las semillas? están enterradas bajo tierra | **por qué no se queman?**

No.- **porque están un poco enterradas** |

Banco de semillas
-------------------

Respecto a la secuencia *Ls5* destacamos dos aspectos: a) la dificultad para precisar la procedencia de las semillas, es decir la ausencia de idea de ‘banco de semillas’ en los niños y las niñas y b) la dificultad para imaginar el proceso de formación de banco de semillas dada la ausencia de la idea de formación de suelo.

Sabemos que las docentes suponían que los escolares expresarían su idea de regeneración inmediata, o mediada por el tiempo pero sin explicación de los procesos. Sin embargo, también sabemos que se vieron sorprendidas por la ausencia total en los escolares de este grupo clase de la idea de presencia de semillas bajo la tierra. En el fragmento anterior puede observarse que las primeras ideas expresadas por los escolares se refieren a un transporte vertical producido especialmente por

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

animales: “los animales...y se habrán enganchado semillas y habrán ido al bosque...” y “sí, y como los pájaros que vuelan, se encuentran con este bosque y pueden dejar las semillas”.

En una actividad anterior los escolares visitaron el pino del jardín de patio de atrás, observando la gran cantidad de semillas del pino. Se discutió que sucedía con las semillas de pino que no crecían. En aquella actividad las docentes no introdujeron la idea de banco de semillas, pero podría haber sido una oportunidad idónea para hacerlo. Se puede ver en el fragmento anterior que una niña hace referencia a la observación realizada en aquella actividad cuando dice: “como en el pino que tiene muchas semillas y después pueden crecer”.

Podemos decir que la idea banco de semillas *no es intuitiva*, la experiencia de los escolares se refiere a que las semillas son plantadas por los humanos (tal como expresó un niño en la secuencia *Ls3*) o que caen de los árboles e inmediatamente crecen. En el cuadro 5-2 presentamos la transcripción de una parte de la conversación con los escolares del grupo clase 5b<sup>2</sup> durante la actividad de visita al pino. En ella se puede observar que los escolares no consideran que las semillas puedan quedar enterradas, sino que tal como los escolares mencionan, no hay tantos pinos a pesar de haber tantas semillas, no porque puedan quedar enterradas sin germinar, sino porque: “las cogen los animales”, “que los pinos tienen bastante sol, pero aquí no hay bastante sol y hay árboles aquí, los edificios”, “también porque las piñas no se quedan todas ahí, se escampan”, “pues también puede ser que no lleguen nunca a plantarse”.

### Actividad 20 ‘Visita al pino del jardín de la escuela’ Grupo clase 5b

....

D1.- y esas bolitas?

No.- son las piñas

Ns.- = piñas

D1.- dentro que hay?

No.- **los piñones**

D1.- hay pocas o muchas

Ns.- muchas

D1.- dentro de cada piña cuántos piñones habrá

No.- un montón

No.- **hay un montón no se pueden contar**

D1.- así que cuántas semillas producirá este pino?

Ns.- muchas

Ns.- millones

Na.- **pero no hay tantos pinos**

D1.- es para reflexionar | **cómo es que si este árbol produce muchísimas semillas | no está todo lleno de muchísimos pinos?** | este es otro pino y aquel y también tienen muchísimas semillas

No.- **las cogen los animales**

<sup>2</sup> No fue posible grabar la conversación del grupo clase 5a, por lo que se presenta la del grupo clase 5b.

<p>D1.- algunas sí   no todas, que pasará a las que no cogen          Na.- <b>que los pinos tienen bastante sol   pero aquí no hay bastante sol y hay árboles aquí   los edificios</b>          Na.- <b>también porque las piñas no se quedan todas ahí   se escampan</b>          Na.- <b>pues también puede ser que no lleguen nunca a plantarse</b>          ....</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Cuadro 5-2. Segmento de transcripción de la actividad 20 ‘Visita al pino del jardín de la escuela’. Grupo clase 5b, en esta misma unidad didáctica 3.**

En segundo término la formación de suelo es una idea que no ha sido trabajada en el aula y que no existe en la experiencia anterior de los escolares. Esta idea se asocia con la acumulación y descomposición de materia orgánica en los bosques caducifolios. Vemos en las explicaciones que los escolares elaboran para el hecho de que las semillas están enterradas (que se asume por la autoridad de la docente que lo introduce), que lo relacionan con la posibilidad de que los animales al huir las aplastaran. Así, podemos observar como las ideas de partida de *los escolares se combinan con la nueva información y elaboran su interpretación* de cómo puede ser el proceso por medio del cual las semillas quedan enterradas: “pero cuando se empieza a quemar el bosque, eh, los árboles tiran las semillas, y después cuando los animales huyen las pueden enterrar y así quedan enterradas y después pueden crecer”.

Esta forma como los escolares hacen un esfuerzo por encontrar sentido a las observaciones de las docentes que consideran como ciertas por su autoridad (en este caso específico el hecho de que hay semillas enterradas), resulta una fuente de motivación para las autoras de este trabajo, tanto como investigadoras como docentes, para ahondar en los procesos de construcción colectiva e identificar los modelos que requieren construir los estudiantes para dar sentido a los fenómenos del mundo, más allá de asumirlos por la autoridad de las docentes. En este caso la formación del suelo se interpreta a través del modelo ecosistema y la idea de flujo de materia y energía en el ecosistema. Puede ser que curricularmente este no sea el momento para introducirlo en el aula. Sin embargo, es básico para comprender el modelo ecosistema.

Nuevamente observamos que las docentes toman una decisión respecto a no ahondar en el tema de formación de suelo. Esto puede deberse a que el modelo a construir estaba centrado en ‘ser vivo’ - organismo, y la explicación tanto de la procedencia del banco de semillas como el proceso de formación de suelo se encuentran en el modelo ecosistema (flujo de materia). *La presencia de banco de semillas constituye desde el modelo ser vivo una restricción y las docentes deciden tratarla como tal.*

Una discusión a nivel curricular ha de tomar en cuenta la pregunta ¿en qué momento se han de introducir estas ideas? Algunos elementos a considerar pueden ser la progresión temática y los conceptos antecedentes necesarios (Driver, Gesne y Tiberghien, 1989), el cuidado de que no generen obstáculos epistemológicos o ideas erróneas (Cañal, 1999b), también sería importante la consideración las distintas

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

posturas para concebir la actividad científica desde la filosofía (Adúriz-Bravo, 2004) y el desarrollo de las ideas en la historia de las ciencias (Achinstein, 1989).

Lo anterior nos muestra la necesidad de considerar múltiples factores al establecer una secuenciación de contenidos. En este sentido resulta sugerente la propuesta de Pedrinaci y del Carmen (1997) sobre criterios a considerar, en la cual proponen: analizar los contenidos, conocer los obstáculos epistemológicos, analizar la construcción histórica del conocimiento y manejar los contenidos de toda una etapa. Por otra parte, es necesario atender la diversidad de los escolares, éstos no son homogéneos ni responden de igual manera a las actividades propuestas, generándose una complejidad en el aula como resultado de la interacción de diversos factores (García, 1988).

En la secuencia *Ls6* de tipo **constricción**, un niño enuncia otra constricción, además de la presencia de semillas para que las plantas empiecen a crecer: la necesaria presencia de agua.

### Fragmento Ls6

No.- **pero necesitan agua para crecer**

D1.- necesita **llover un poco** para que empiecen a crecer |

Posteriormente el la secuencia *Ls7*, de tipo **constricción**, los escolares pasan a colocar en la maqueta las plantas que empezarían a crecer. La docente les invita a imaginar dónde podría haber una semilla, con lo cual se considera nuevamente la constricción de presencia de semillas. Como podemos observar en el fragmento siguiente *los escolares asumen la constricción en la acción, recuperando por un lado la distribución espacial de plantas y por otro considerando la posible presencia de semillas*. Podemos decir que las decisiones y acciones de los escolares están determinadas por la *recuperación del registro histórico de la maqueta*, así como de la aplicación de las constricciones que se generan en el modelo.

### Fragmento Ls7

D1.- bueno quien va a **pasar a poner las plantas** que empiezan a crecer | les voy a dar a todos para que cada uno pase a ponerlas

[la maestra reparte prototipos de plantas y los niños pasan a ponerlas]

D1.- **se han de imaginar dónde podría haber una semillita de un árbol o arbusto | recuerden qué árboles había | dónde estaban y el tipo de semilla que tienen | piénselo para poner su planta**

Na.- **mira aquí había un árbol**

No.- donde haya agujeros será más fácil

Na.- **pero una cosa | pero podría haber una semilla aquí**

No.- huele a quemado

D1.- muy bien

Ns.- [comentarios varios, mientras colocan sus plantas]

En la secuencia *Ls8* identificada de **constricción** se continúa tomando en cuenta para la acción la constricción relativa a la presencia de semillas, sin embargo, como puede

observarse en el fragmento siguiente, los escolares identifican diferentes factores que condicionan la constrictión, generando una *visión múltiple* de la misma y utilizándola *para justificar su toma de decisiones*.

Fragmento Ls8

Na.- y **también los animales que podrían haber dejado ahí semillas después de comer**

Podemos inferir que el niño complementa la instrucción de la docente que ha dicho: “se han de imaginar dónde podría haber una semillita de un árbol o arbusto, recuerden qué árboles había, dónde estaban y el tipo de semilla que tienen, piénselo para poner su planta”. Así, agrega otra relación entre variables “los animales que podrían haber dejado...”, por lo que no sólo se ha de pensar en los árboles que había, sino en los otros elementos, como animales, que pueden generar dispersión de las semillas.

En la secuencia *Ls9*, se produce un *movimiento escalar* hacia **generalización de tipo simplificación**. En este caso la docente llama la atención sobre un tipo de semillas morfológicamente diferentes de las observadas hasta el momento en las otras actividades. Son semillas de un árbol que presentan una vaina delgada alargada y plana color paja, que las hace semejar un ala de insecto. Como se puede observar en el fragmento, se establece una relación entre la forma de la semilla y la posible dispersión por viento. Esta secuencia se relaciona con la actividad E ‘Montaje de árboles’ donde se re-significó la idea de semilla como ser vivo y se identificaron algunas variedades morfológicas relacionándolas con las posibilidades de dispersión.

Fragmento Ls9

D1.- miren les he traído unas semillas para mostrarles | **miren esta semilla parece que tuviera alas**

...

[la maestra reparte las semillas entre los niños, que las avientan y ven cómo caen]

...

[la maestra lanza una semilla, todos los niños soplan, hay risas, la semilla cae movida ligeramente por el aire de los niños]

D1.- a ver otra vez || este grupo | y **esta otra se la lleva el aire** || a ver dénmelas ya!

Na.- ah yo no la he visto

D1.- toma || bien || qué más?

Semilla con ‘alas’
--------------------

En la secuencia *Ls10*, se produce un *movimiento escalar* a **constricciones** debido a que los escolares ahondan en la relación entre dispersión de semillas y presencia de los animales. Esta relación puede llegar a ser significativa en los procesos de sucesión (Terradas, 2000).

Fragmento Ls10

No.- que también **hay algunos animales que | guardan comida para otra época**

No.- = = las hormigas

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

No.- **las semillas y eso**

D1.- por ejemplo **las ardillas** |

Dispersión semillas – animales, regla del juego 3
---------------------------------------------------

Podemos decir que en estas secuencias se ha generado una **tercera regla del juego de modelización**: *‘Para la toma de decisiones hemos de considerar los elementos presentes en la maqueta, o posibles’*. En esta regla se combinan dos aspectos. Por una parte se refiere al hecho de atender a *los elementos presentes* en la maqueta, es decir, las plantas, los animales, y los elementos abióticos como viento, luz y agua. Sin embargo, también se incluyen los elementos *posibles*. Quiere decir que se permite un juego de imaginación limitado por las posibilidades de *interacción de dichos elementos*. Así, los elementos posibles son tanto *las relaciones entre elementos presentes como las emergencias que surgen de dicha relación*. Un ejemplo es la dispersión de semillas por parte de los animales. Los escolares asumen la regla del juego colocando sus plantas donde puede haber una semilla, pero también agregan: “también los animales que podrían haber dejado ahí semillas después de comer”.

Es interesante observar que *la actividad sobre la maqueta esta entonces restringida más por la argumentación válida (dentro del modelo) que por reglas cerradas y pre-establecidas*. La *concepción semántica* de las ciencias cognitivas y en especial, por interesar a este caso, de la ciencia escolar, incluye la reconsideración de la forma en que se usa y se genera el lenguaje (Adúriz-Bravo, 2001). Actualmente se reconoce la importancia de propiciar la argumentación en el aula y su relación con el aprendizaje de las ciencias (Sutton, 1997; Jorba, Gómez y Pratt 2000; Sardà y Sanmartí, 2000; Aleixandre y Díaz, 2003).

Podemos decir que la maqueta se convierte en un elemento dinámico gracias a estas reglas del juego permisibles. Las reglas no son estáticas (es decir, no sólo toman en cuenta los elementos presentes) sino que son dinámicas ya que la interacción de elementos y las emergencias genera nuevas condiciones. El hecho de que las mismas reglas del juego permitan considerar las relaciones y las emergencias que se producen tiene la finalidad de contrarrestar la tendencia de los escolares a no tomar en consideración las relaciones. Como menciona Driver, Guesne y Tiberghin (1989: 292)

“La propensión de los niños a interpretar los fenómenos en relación con sus propiedades o cualidades absolutas adscritas a los objetos, en vez de hacerlo con respecto a la interacción de los elementos de un sistema, aparece asociada a esta tendencia a centrarse en aspectos limitados de una situación dada”.

La manipulación de la maqueta por tanto ha de permitir tomar en consideración las relaciones de los seres vivos con su medio, para apoyar el desarrollo de un modelo robusto y complejo. Por otra parte, la 3ª regla del juego de modelización al



considerar lo posible, incorpora las interacciones y emergencias y generara una visión que retoma algunos aspectos de la complejidad en la interpretación de fenómenos en el aula (Bonil, 2003). Nuestros datos indican que la identificación de emergencias surge a partir de la interacción grupal de los escolares y al manipular la maqueta, por lo que podemos afirmar que *la maqueta apoya la construcción en interacción y se convierte en un mediador entre las ideas de partida de los escolares y el modelo que se pretende construir.*

Como hemos mencionado *la maqueta permite la visualización de las constricciones, sin embargo el análisis indica que hay constricciones que son más fácilmente observadas por los escolares y otras que se construyen en el desarrollo de la actividad*, como parte de la construcción del modelo. En la secuencia *Ls10* podemos observar que los escolares establecen relaciones entre animales y plantas (los animales dispersan las semillas), sin embargo para ellos es difícil establecer relaciones planta – planta (la formación del banco de semillas).

En la secuencia *Ls11*, de tipo **constricción**, la conversación se sitúa en qué animales podrían volver al bosque y por qué. La disponibilidad de alimento es la constricción manejada en esta parte de la conversación. Como podemos observar en el fragmento, la constricción de presencia de alimento para los animales es tratada a través de un ejemplo concreto: las hormigas.

Fragmento Ls11

D1.- sí | cuánto tiempo ha pasado?

Na.- treinta días

D1.- bueno ya tenemos un poquito de vegetación | **qué otra cosa podrá pasar?**

Na.- **los animales**

D1.- qué animales?

No.- **hormigas**

**No.- insectos**

D1.- por qué?

No.- porque **las hormigas se acercan y tienen su alimentación**

D1.- de **qué se alimentan?**

Na.- **de sobras**

D1.- pero aquí habrá sobras? | **piensen en las hormigas que vienen aquí (señalando la maqueta)**

No.- de migas de pan

No.- las hormigas **son pequeñas y van a agarrar | eh | frutos**

No.- minerales

Na.- **de fulles petites**

No.- de hojas

D1.- sí

Na.- **de los árboles**

Na.- **de los arbustos también**

Los animales vuelven cuando hay alimento
------------------------------------------

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

En la conversación se parte de lo general (los animales) y se va a lo particular (las hormigas). Las docentes intervienen a través de preguntas para llevar a los escolares a precisar sus consideraciones. Así, se pasa de hablar de los animales a los insectos y posteriormente a las hormigas. Igualmente se pasa de hablar sobre el hecho de que necesitan alimento a precisar que se alimentan de hojas de árboles y arbustos. Así, *se produce en la conversación una especificación que contextualiza la conversación* y lleva a los escolares a aplicar las ideas a casos concretos.

Las docentes dirigen la atención de los niños sobre *la maqueta como entorno de argumentación* cuando precisa: “¿pero aquí hay sobras?”. Se puede decir que se está aplicando la *tercera regla del juego de modelización*: ‘hemos de tomar en cuenta los elementos presentes en la maqueta, o posibles’ bajo la forma específica ¿es posible encontrar sobras (de alimento) aquí? Podemos observar en el fragmento anterior que tras la observación de las docentes, los escolares van mencionando una serie de posibles alimentos centrándose finalmente en las hojas, un elemento presente en la maqueta, ajustándose así a la tercera regla.

La pregunta de la docente lleva a *concretar la constricción* y a hablar en los términos más específicos posibles (de lo general a lo particular). En la secuencia siguiente el movimiento se realiza en otro eje: de lo concreto a lo abstracto.

Cabe mencionar que esta forma de construcción de significados, yendo de lo general a lo particular y de lo concreto a lo abstracto, ha sido considerada como una estrategia para planificar unidades didácticas (Jorba y Sanmartí, 1994), pero como observamos en las secuencias anteriores, puede presentarse también en el transcurso de la elaboración de una idea, dentro de una actividad de clase. Se trata de una *visión fractal*<sup>3</sup> de la actividad en el aula, donde se va de lo general a lo particular y de lo concreto a lo abstracto. Así, se genera una serie de oscilaciones en la conversación que promueven la generación de nuevos significados y su posible transferencia.

En la secuencia *Ls12*, tipo *constricción*, la docente realiza una abstracción de lo mencionado por los escolares en relación a las hormigas y agrega la casualidad relacionada con el modelo (“tendrían donde refugiarse y para alimentarse y un lugar donde reproducirse”) lo cual permite generar *una síntesis de las constricciones* para los insectos. En este caso *la disponibilidad de recursos modeliza la constricción* al relacionarla con el modelo ‘ser vivo’. Se encontró una síntesis similar en la actividad G ‘Simulación del incendio’, que también se relacionaba con la acción de mover animales en la maqueta.

### Fragmento Ls12

D1.- a ver | no tenemos muchas hormigas [refiriéndose a las elaboradas por los niños y niñas, buscando para darles y que las coloquen en la maqueta] || **los insectos empezarían a**

---

<sup>3</sup>Fractal, viene del latín *fractus* que significa interrumpido o irregular. Los fractales fueron introducidos por Mandelbrot en los años 70’s y son producto de la iteración y repetición de un proceso geométrico elemental que da lugar a una estructura de una complejidad aparentemente extraordinaria.

**regresar porque ya tendrían donde refugiarse y para alimentarse | y un lugar donde reproducirse**

En la secuencia *Ls13*, de tipo **constricción**, dos niños hacen referencia a la presencia de alimento como constricción.

Fragmento Ls13

No.- que **les llavors petites poden servir d'aliment**

Na.- **las abejas no podrían aun volver | no hay flores**

En el fragmento anterior observamos nuevamente que los escolares *establecen relaciones entre plantas y animales*. En la primera intervención del fragmento anterior se expresa la constricción como facilitador, pero como se verá más adelante la docente no la retoma. En la segunda participación el niño plantea una constricción como limitante, ésta es retomada por la docente.

En la secuencia *Ls14*, de tipo **constricción**, los escolares empiezan a colocar los insectos en la maqueta. Como podemos observar en el fragmento siguiente la *presencia de alimento* es la constricción utilizada por los escolares, a pesar de que la docente ha hablado con antelación de la necesidad de refugio y de pareja.

Fragmento Ls14

D1.- a ver **aquí hay pequeños insectos que se alimentan de hojas** | a ver Ignasi

No.- **como que viene por aquí**

[los niños y niñas empiezan a colocar insectos en la maqueta]

Na.- una marieta

Na.- **la marieta puede volar?**

D1.- **sí pero no tan alto**

Na.- bueno

No.- **empieza a comer un poquito**

No.- **lo pongo aquí porque encontrará mucho alimento**

Na.- pero nos faltan más insectos

D1.- podríamos hacer más | por lo pronto pondremos los que ya tenemos

Na.- **viene de acá**

No.- si no tenemos tiempo lo podemos hacer en casa

D1.- **pero habíamos dicho que esta aún no puede regresar porque no hay flores**

En el fragmento vemos cómo *los escolares aplican las 3 reglas del juego de la modelización*. La 1ª regla en su aplicación a animales se refiere a moverlos tomando en consideración las constricciones y en este caso ponerlos en lugares donde puedan sobrevivir, y la observamos en la frase del escolar: “lo pongo aquí porque encontrará mucho alimento”. La 2ª se relaciona con que los seres vivos han de moverse de acuerdo a sus características particulares, y en este caso una escolar pregunta: “¿la marieta puede volar?” La docente al contestar limita las posibilidades de desplazamiento de *la marieta* (mariquita) “sí, pero no tanto”. La 3ª regla puede considerarse derivada de la primera pero como hemos mencionado hace hincapié en la relaciones y las emergencias, y en ella se han de tomar en consideración los

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

elementos presentes o posibles, y la encontramos, por ejemplo cuando la docente llama la atención sobre la ausencia de flores.

En la secuencia *Ls15*, se produce un *movimiento escalar* a **generalización tipo simplificación** debido a que la docente solicita imaginar que ya han pasado cuatro meses. Podemos observar en el fragmento que los escolares describen los cambios que se habrían producido en este tiempo en términos de aumento en la cantidad de elementos y los efectos que esto produciría en el regreso de los animales.

### Fragmento Ls15

D1.- vamos a hacer un ejercicio de imaginación | pensemos que ya han pasado/

Na.- tres meses

D1.- **bueno tres meses o cuatro | qué pasaría?**

Na.- **pues que ya vendrían más insectos**

D1.- pensemos en más tiempo para ver los cambios | cinco meses | si? | ya casi medio año

Na.- **que l’herba havia crescut i vindrien més animals i també surtirien més llavors**

D1.- semillas de estas mismas hierbas | muchas tardan un año para producir su semilla

Las plantas crecen, hay más animales

*El razonamiento de los escolares es de ampliación lineal de las relaciones ya estudiadas hasta el momento, a más tiempo, más hierba, más animales y más semillas.*

En la secuencia *Ls16* de **generalización tipo simplificación**, la docente ahonda en una de las ideas expresadas por los escolares, *rompiendo dicha linealidad*: “analitzem el dels arbres que has dit tu, en cinc mesos tu creus que ja poden tenir fruits” (analicemos lo de los árboles que has dicho tu, en cinco meses crees que ya podrían tener frutos). Las docentes llaman la atención especialmente respecto al crecimiento diferencial entre especies y por tanto a la diversidad.

### Fragmento Ls16

Na.- **los árboles ya habrían crecido y habría frutos**

D1.- ya habrían crecido en cinco meses?

No.- sólo un poco

D2.- **analitzem el dels arbres** que has dit tu | en cinc mesos tu creus que ja poden tenir fruits **potser sortirien només unes petites branquetes als costats** | si és que estaven vius començarien a sortir unes petites branquetes pels costats

D1.- algo importante es que tenemos que pensar en **que son árboles distintos** | por ejemplo **a los pinos no les salen nuevas ramas y nuevas hojas** | quiere decir que no | **rebrotan** | **en cambio los encinos si rebrotan** | les empezarán a salir unas pequeñas ramitas y hojas |

Árboles rebrotan

En este caso observamos que se ha producido la **primera regla de gestión de la simulación**. Llamamos reglas de gestión de la simulación a aquellas, que si bien

también colaboran a la modelización, tienen la finalidad de hacer didácticamente rica la manipulación de la maqueta. Así, las docentes generan situaciones en la simulación donde algunas variables (tiempo, espacio, condiciones atmosféricas) se utilizan con fines didácticos para favorecer la utilización de ‘otras’ variables y sus relaciones que se han priorizado. En este caso la posibilidad de manipular *el tiempo*. Con lo anterior evidenciamos otra característica de la simulación: *su intencionalidad didáctica* como modelo analógico.

En la secuencia *Ls17* se produce un *movimiento escalar* a **mecanismos** promovido por la pregunta de una de las docentes sobre ¿cómo pueden rebrotar los encinos si no tienen hojas para producir su alimento? Podemos interpretar que la docente deliberadamente hace esta pregunta para dirigir la mirada hacia los mecanismos. Hasta el momento la conversación se había situado entre generalizaciones y constricciones, *tal parece que la manipulación de la maqueta sitúa la conversación en estos dos niveles escalares* y que *es necesaria una intervención directa y consiente de la docente para llevar la conversación a los mecanismos*.

Fragmento Ls17

D1.- esta pregunta los árboles **producen su alimento** en las hojas y por eso pueden crecer | como es que los encinos | como es que a estas [señalando en la maqueta] | les pueden empezar a crecer ramitas y después les salen las hojas | pensemos que **no tienen hojas para producir su alimento | cómo es que puede crecer si no tiene alimento**  
 ((Se llevo a la idea de que hay **una reserva de alimento**.)

Los árboles tienen reserva de alimento
----------------------------------------

En la secuencia *Ls18*, de tipo **mecanismos**, nuevamente la docente utiliza una pregunta para guiar la mirada hacia los mecanismos, en este caso enfocados a la función ‘relación’

Fragmento Ls18

D1.- por ejemplo aquí me pusieron este insecto aquí || **cómo es que este insecto sabe qué ahí hay alimento?**  
 No.- por sus instintos  
 Na.- **por sus sentidos**  
 Na.- es la **relación**  
 D1.- tenemos la **relación** | la **nutrición** y la **reproducción** || **cómo es que este insecto sabe que ahí hay alimento**  
 Na.- **porque ha captado los estímulos de que hay alimento**  
 D1.- con que lo ha captado  
 No.- **con el olor**  
 Na.- con la vista  
 Na.- **con el olfato**  
 Na.- o también con la vista  
 D1.- quiere decir que para poder explicar cómo ese insecto llevo ahí estamos explicando que se relaciona | así | tienen que usar todas estas ideas para que el texto quede bien justificado | si queda bien justificado es porque lo que sucede estará relacionado con estas tres cosas  
 D1.- bueno vamos a nuestros lugares

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

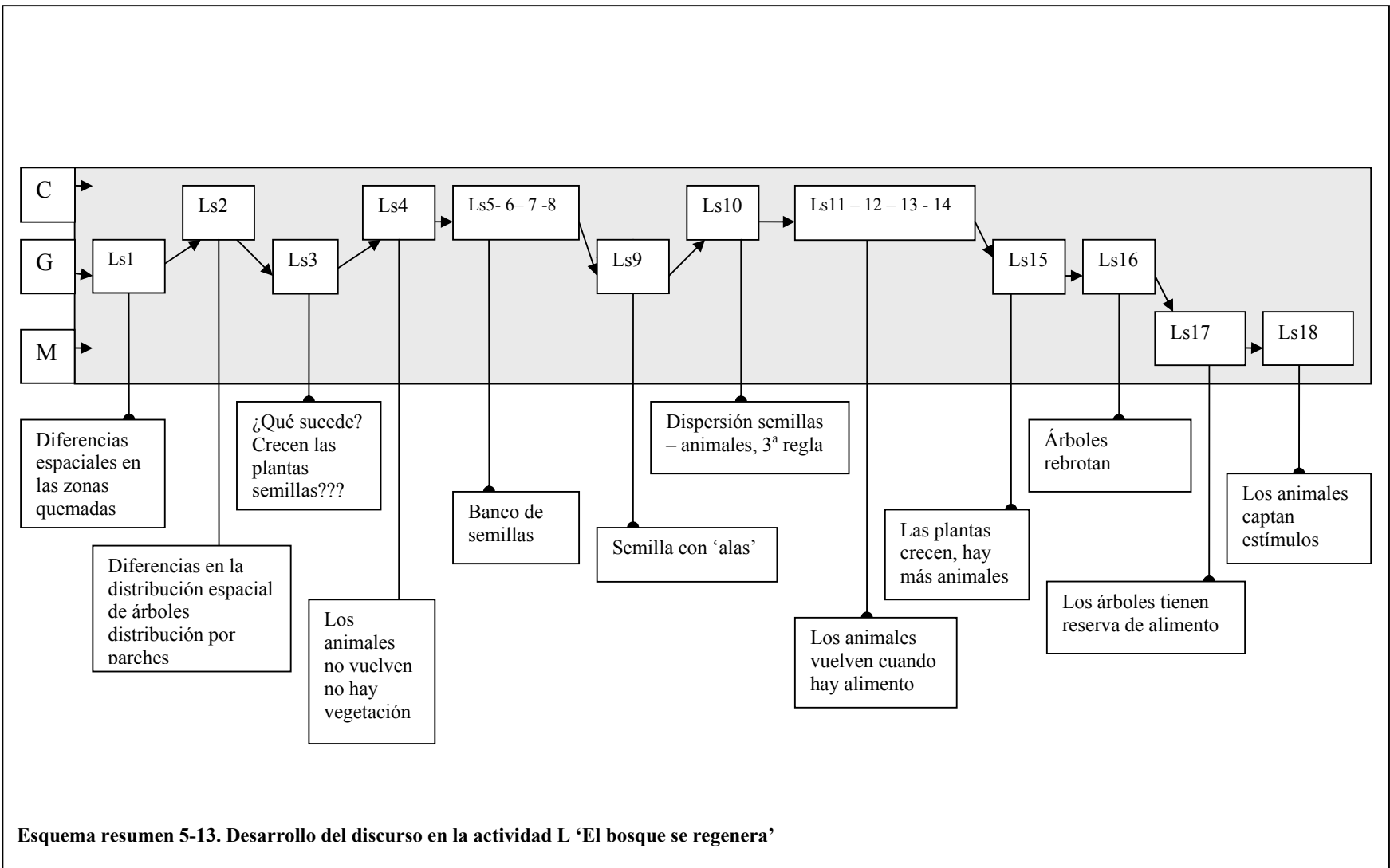
[los niños y niñas regresan a sus lugares]

Los animales captan estímulos

En este caso, como observamos en el fragmento, la docente recurre a un tipo de *pregunta indirecta* que ha sido usada en ocasiones anteriores, bajo el formato: “¿Cómo es que este insecto sabe qué ahí hay alimento?” En esta ocasión observamos que *los escolares se han apropiado del formato de la pregunta* y dirigen su mirada a los mecanismos de la función relación. La docente hace alusión a las tres funciones y los escolares explican haciendo referencia a la capacidad de captar estímulos.

Tomando en consideración las constricciones, generalización, y el mecanismo explicativo anteriores, podemos decir que durante la actividad L *se ha generado una explicación jerárquicamente anidada sobre el regreso de los animales después de un incendio.*

Con esta secuencia termina la actividad L. Antes de finalizar la sección de explicaciones nos llama la atención el hecho de que los escolares realizaron algunas decisiones que no fueron comentadas, sin embargo es probable que lo hicieran pensando en las funciones del modelo. El caso específico al que nos referimos es el que algunos colocaban sus insectos por parejas, como se observa en la fotografía 5-4, colocada al inicio de el análisis de esta actividad. Aunque no se les preguntó directamente, es factible pensar que lo hacían debido a la constricción relacionada con la necesidad de una pareja para la reproducción, que ha sido abordada en otras actividades.



### 5.5.1.2. Respecto a quién promueve la explicación

En la secuencia *Ls1* la explicación es promovida por la *docente*. Ella plantea el punto de partida e invita a los escolares a explicar las diferencias espaciales en el aspecto de la maqueta quemada.

#### Fragmento Ls1

D1.- **vemos como quedo el bosque después del incendio** | los árboles se quemaron y los animales huyeron || yo observo que hay una zona que está más quemada y otra menos quemada | aquí hay unos pocos de árboles | por qué? | a ver primero Marisol | luego Abraham | luego Josy | por qué?

En las secuencias *Ls2* y *Ls3* la explicación es promovida en *interacción*. En la secuencia *Ls2* las aportaciones de los escolares y de la docente son significativas. Los escolares reconocen las diferencias espaciales en la maqueta y explican sus posibles causas, por su parte la docente complementa las explicaciones agregando observaciones relacionadas con el follaje de los árboles y solicitando ampliación de la información dada por los escolares.

#### Fragmento Ls2

Na.- **en esta banda es donde había pinos y la otra banda es donde teníamos *les alzines***

....

Na.- **este era un pino y no se ha quemado todo**

D1.- **está muy alto quizás las flamas no alcanzaron hasta arriba** | si se fijan está a punto de perder su follaje

No.- **que también es diferente en *alzines sureres* | está era una *alzina surera***

D1.- y cuál sería la diferencia

No.- porque tienen ***suro***

D1.- si esta serán *las sureras* | el ***suro*** que es el corcho les protege

Na.- **y los robles?**

.....

Na.- **también se han quemado mucho**

D1.- porque no tienen una protección como la *alzina surera*

Na.- si se queman mucho

Aunque no es el objetivo de este trabajo, reconocemos la diversidad de formas en que se presentan las interacciones para la generación de los contextos discursivos. Un ejemplo lo encontramos en las secuencias *Ls1* y *Ls2*, donde los actores que realizan la observación y la explicación varían. En la secuencia *Ls1* la docente realiza la observación sobre la maqueta y solicita a los escolares la explicación: “vemos como quedo el bosque después del incendio, los árboles se quemaron y los animales huyeron, *yo observo* que hay una zona que está más quemada y otra menos quemada, aquí hay unos pocos de árboles, *¿por qué?* Por otra parte en la secuencia *Ls2* identificamos una interacción donde es una alumna quien hace la observación y la docente quien realiza la explicación: niña “*este era un pino* y no se ha quemado todo”, docente “*está muy alto quizás las flamas no alcanzaron hasta arriba*, si se fijan



está a punto de perder su follaje”. Por último está el caso donde el niño hace la observación y también la explicación, con la complementación de la docente: niño “*que también es diferente en alzinas sureras, está era una alzina surera*”, “*porque tienen suro*”, docente “*si esta serán las sureras, el suro que es el corcho les protege*”.

En la secuencia *Ls3* la explicación se promueve en **interacción**. El papel de la docente es plantear el ejercicio imaginario sobre el paso del tiempo, un mes después del incendio, y solicita a los escolares comenten “¿qué podría suceder?” Como hemos mencionado en la sección de explicaciones, las respuestas de los escolares plantean la controversia sobre el origen de las semillas.

Fragmento Ls3

D1.- ahora **vamos a imaginar** que pasa un día | dos días | vamos a imaginar **que ya ha pasado todo un mes | qué creen que podría suceder | qué podría cambiar**

[hay muchas manos levantadas]

D1.- a ver voy a ir en este orden y la siguiente de aquí para allá

Na.- que empezarían a salir plantas

D1.- y pensando como científicos nos tienes que decir el **por qué?**

No.- porque ya pasó mucho tiempo y empiezan a salir

D1.- y **de dónde salen esas plantas**

No.- **de la tierra**

D1.- la tierra | **los pedacitos de tierra se convierten en una planta**

No.- **no los humanos ponen llavors**

D1.- **a los humanos las ponen?**

No.- que también las *alzines* crecen | porque no se han quemado tanto y pueden seguir creciendo

D1.- **bueno antes piénsalo Miquel | de dónde más pueden venir las semillas**

Aunque, en este caso, los papeles de la docente y de los alumnos difieren: ella plantea los interrogantes y replicas mientras ellos plantean sus ideas sobre el tema, podemos decir que la explicación se genera en interacción. Es precisamente la falta de coincidencia entre lo que a la docente le parece y las ideas de los escolares lo que hace que se abra un espacio de reflexión paralelo en la conversación, se puede decir que el tema queda ‘pendiente’. Esto puede observarse en el fragmento anterior cuando la docente dice: “bueno antes piénsalo Miquel, de dónde más pueden venir las semillas”. En este caso la *controversia sobre el origen de las semillas se debe más bien al desacuerdo de la docente sobre lo que plantean los escolares*, o mejor dicho al acuerdo parcial de la docente. Así, a diferencia de la actividad D ‘Maqueta sin seres vivos’ donde los niños plantean la controversia sobre si las semillas son seres vivos, aquí son básicamente las intervenciones de las docentes las que propician la controversia.

En la secuencia *Ls4* la explicación es promovida por los **alumnos/as**, dado que ellos presentan el argumento de peso: los animales no volverán mientras no haya vegetación.

Fragmento Ls4

Na.- también vendrían animales

5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

Na.- **no | mientras no haya muchos arbustos no vienen**

D1.- cuándo vendrían animales y qué animales?

Na.- **cuando los árboles estuvieran grandes**

...

En la secuencia *Ls5* la explicación es promovida en **interacción**. Como se ha mencionado en la sección explicaciones en esta secuencia se discute la posible procedencia de las semillas. Los escolares expresan sus diferentes perspectivas. La docente utiliza la analogía de las semillas guardadas en la alacena como recurso para la comprensión de la idea de que las semillas pueden permanecer enterradas y después crecer. Como ya hemos mencionado los escolares tienen dificultad para imaginar el proceso de formación del banco de semillas.

Fragmento Ls5

No.- **unos animales** habrán ido a refugiarse a otro sitio donde haya alimentación a alimentarse a otros sitios y ahora ido al bosque y **se habrán enganchado semillas y habrán ido al bosque y**

D1.- pero a otro bosque no | a éste no

No.- sí | **y como los pájaros** que vuelan | se encuentran con este bosque y **pueden dejar las semillas**

...

D1.- si empiezan a crecer de las semillas | pero | **de dónde viene las semillas?**

Na.- **de las que han caído de los árboles**

....

No.- pero cuando se empieza a quemar el bosque | eh | **los árboles tiran las semillas** | y después cuando **los animales huyen las pueden enterrar y así quedan enterradas y después pueden crecer**

...

D1.- ...piensen que **lo que tenemos en casa para comer como las lentejas | los frijoles**

D2.- les mongetes

D1.- todas esas son semillas verdad? | *els pinyons* | son semillas | verdad?

Ns.- sí

D1.- **cuánto tiempo pueden durar las semillas en la alacena de mamá**

Ns.- días

D1.- y si las ponemos en un algodoncito/

Na.- doce horas

No.- no!! más

No.- pueden meses

No.- cinco años

No.- podrían ser muchos años

D1.- es algo interesante de las semillas | **cuando los produce un árbol pueden durar varios años | y pueden estar enterradas | podrían haberse producido un año antes o dos** | pensando en esto a ver explicanos Miguel de dónde vienen las semillas? están enterradas bajo tierra | por qué **no se queman?**

No.- **porque están un poco enterradas** |

En la secuencia *Ls6* la explicación es promovida por los **alumnos/as**, un niño incluye la constricción de necesidad de agua para que las plantas crezcan.

En la secuencia *Ls7*, la explicación es promovida en **interacción**. La docente plantea la regla 3ª regla de modelización, sobre considerar lo que hay o lo posible. Los niños actúan sobre la maqueta colocando las plántulas.

En la secuencia *Ls8*, la explicación es promovida por los **alumnos/as**, un escolar retoma la idea de dispersión de semillas por parte de los animales como constricción.

Fragmento Ls8

Na.- y **también los animales que podrían haber dejado ahí semillas después de comer**

En la secuencia *Ls9* la explicación es promovida por la **docente**. Ella presenta un tipo de semillas nuevo y relaciona su forma y su posible dispersión por viento.

En la secuencia *Ls10* la explicación es promovida por los **alumnos/as**, los escolares agregan la posibilidad de aporte de semillas por los animales que las guardan.

En la secuencia *Ls11* la explicación es promovida en **interacción**. En esta secuencia se plantea la posibilidad de que los animales, específicamente las hormigas, regresan al bosque debido a que ya encuentran alimento. Aquí la participación tanto de la docente como de los escolares es significativa para la generación de argumento.

En la secuencia *Ls12* la explicación es promovida por la **docente**. Ella realiza una integración del ejemplo de la hormiga a las constricciones relacionadas con las tres funciones del modelo, yendo a un nivel superior de abstracción y complejidad.

Fragmento Ls12

D1.- a ver | **no tenemos muchas hormigas** [refiriéndose a las elaboradas por los niños y niñas, buscando para darles y que las coloquen en la maqueta] || **los insectos empezarían a regresar porque ya tendrían donde refugiarse y para alimentarse | y un lugar donde reproducirse**

En las secuencias *Ls13* y *Ls14* la explicación es promovida por los **alumnos/as**. Ellos continúan moviendo los animales en la maqueta y haciendo alusión a las constricciones posibles, relacionadas todas ellas con la disponibilidad de alimento y posibilidad de desplazamiento de las especies.

Fragmento Ls13

No.- **que les llavors petites poden servir d'aliment**

Na.- las abejas no podrían aun volver | no hay flores

Fragmento Ls 14

...

Na.- una marieta

Na.- **la marieta puede volar?**

D1.- **sí pero no tan alto**

Na.- bueno

No.- **empieza a comer un poquito**

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

No.- lo pongo aquí porque **encontrará mucho alimento**

...

En la secuencia *Ls15* la explicación es promovida en **interacción**. Los escolares continúan con la manipulación de la maqueta. La docente participa para hacer precisiones respecto al tiempo requerido para que se den algunos procesos.

### Fragmento Ls15

...

D1.- pensemos en más tiempo para ver los cambios | cinco meses | si? | ya casi medio año

Na.- que l’herba havia crescut i vindrien més animals i també surtirien més llavors

D1.- semillas de estas mismas hierbas | **muchas tardan un año para producir su semilla**

En las secuencias *Ls16* y *Ls17* la explicación es promovida por las **docentes**. En la secuencia *Ls16* las docentes retoman la idea de que se requiere tiempo para que se den los procesos. Por otra parte en la secuencia *Ls17* la docente plantea la pregunta sobre ¿cómo es que las plantas que rebrotan pueden crecer si no tienen hojas, que es donde producen su alimento? Por lo anterior se ha considerado que la explicación es promovida por la docente tomando en cuenta los datos de la transcripción y el diario de investigación.

En la secuencia *Ls18* la explicación es promovida en **interacción**. La docente guía la mirada hacia los mecanismos a través de una pregunta indirecta, los escolares reconocen el formato de la pregunta y mencionan la capacidad de percibir estímulos del exterior.

### Fragmento Ls18

D1.- por ejemplo aquí me pusieron este insecto aquí || **cómo es que este insecto sabe qué ahí hay alimento?**

...

Na.- **porque ha captado los estímulos de que hay alimento**

D1.- con que lo ha captado

No.- con el olor

Na.- con la vista

Na.- con el olfato

...

En términos generales podemos decir que en esta actividad *se presenta una alta variación entre secuencias respecto a quién promueve la actividad de explicación*. Puede observarse en la gráfica 5-10, que la línea que la representa tiene abundantes puntos de inflexión. Esto se debe a que tal como hemos analizado en este apartado se presenta una dinámica de intervenciones donde los escolares van retomando las ideas expresadas en diferentes momentos. Esto se ejemplifica en las secuencias *Ls6* y *Ls8*, donde se incorporan en la discusión y para la toma de decisiones elementos variados que se habían dejado atrás en la conversación. Igualmente en las secuencias *Ls10* y *Ls13*.

Lo anterior indica que el contexto argumentativo generado es flexible permitiendo a los escolares considerar diferentes aspectos. Parece que ellos van incorporando las ideas que se les ocurren, sin embargo estas ocurrencias se encuentran insertas en el modelo planteado, por lo que más bien pueden llamarse *argumentos*. Así, la conversación se nutre de diferentes argumentos, presentados por diferentes actores, dando riqueza al contexto argumentativo.

Dentro de la variedad de *argumentos que utilizan los escolares* advertimos dos aspectos relevantes.

a) Los argumentos *se presentan básicamente en las secuencias de tipo constricción*. Como hemos mencionado en otras actividades, la maqueta parece ser un elemento que propicia la visualización de las constricciones para los escolares y por tanto su utilización en la argumentación. Por otra parte la acción, realizada básicamente por los escolares, también inserta en el contexto de la maqueta, propicia la comunicación de dichas constricciones entre los escolares.

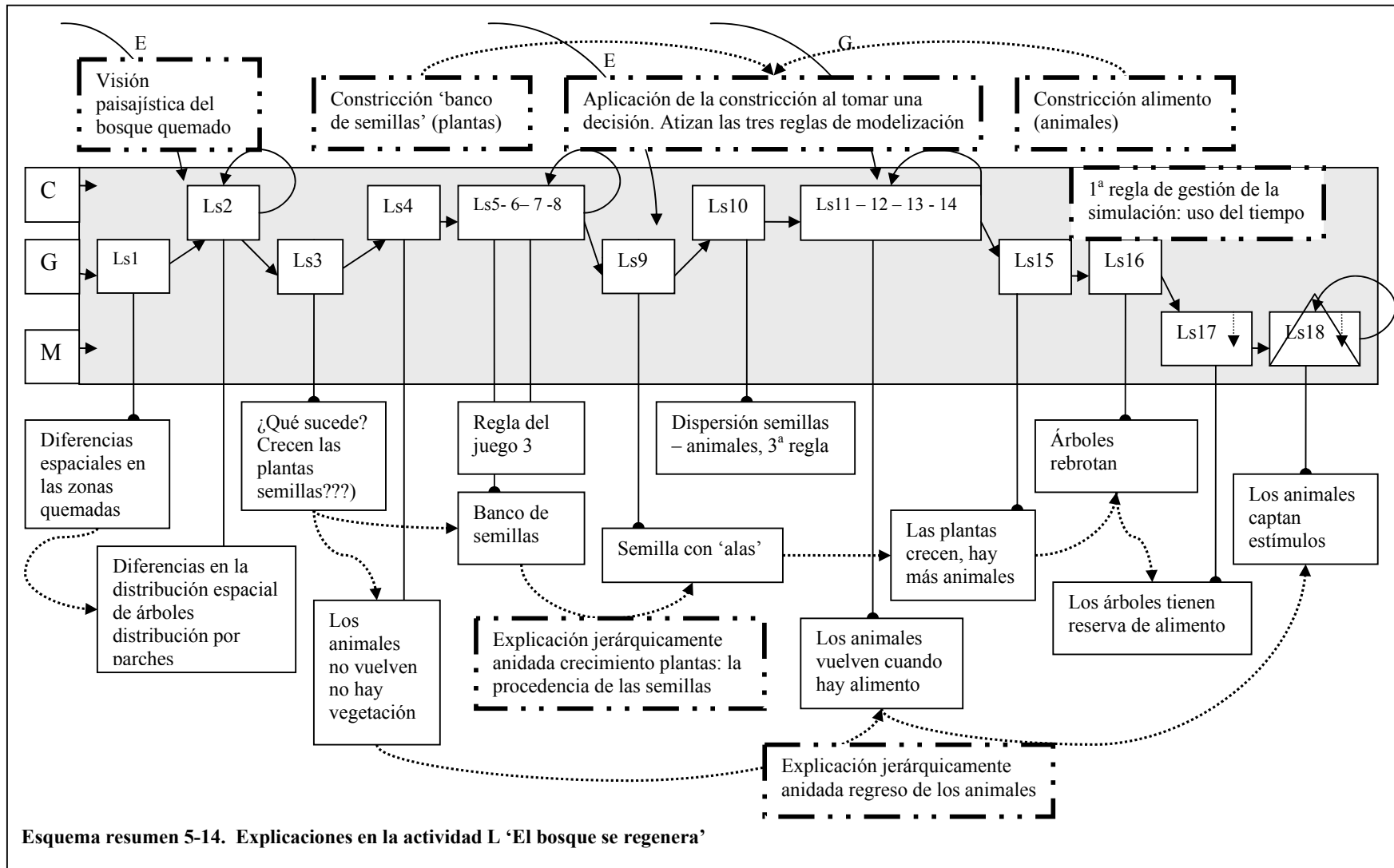
Y b) los argumentos *tienen como elemento presente los diferentes papeles que juega la semilla*. Es posible que la insistencia de las docentes en identificar la procedencia de las semillas haya generado un interés en dicho elemento. De cualquier manera, se ha visto a lo largo de la actividad que *la semilla*<sup>4</sup> desempeña un papel importante en la generación de nuevos significados y la construcción del modelo.

### **5.5.1.3. Síntesis de las explicaciones: ¿de dónde vienen las semillas, cuándo regresan los animales?**

A continuación retomamos lo interpretado en las secciones anteriores y generamos el esquema resumen 5-14 donde señalamos los significados construidos. Posteriormente sintetizamos las interpretaciones sobre la construcción de las explicaciones en la actividad L.

---

<sup>4</sup> Recordemos que la semilla también resultó un elemento importante en la actividad E ‘Montaje de árboles’.



Haciendo una síntesis de lo interpretado para la actividad L se puede decir lo siguiente:

1. Respecto a la construcción de significados. Constatamos nuevamente **dos formas de construcción de nuevos significados en el modelo de ‘ser vivo’**: Dentro de una secuencia discursiva y entre secuencias discursivas.

- 1.1. **La primera forma de construcción de nuevos significados del modelo se produce dentro de una misma secuencia discursiva.** Encontramos en secuencias de tipo generalización, de tipo mecanismo y de tipo construcción. Lo indicamos en el esquema 5-14 representadas con flechas curvas continuas.

- 1.1.1. Secuencias de tipo **constricción**.

- 1.1.1.1. En una primera secuencias de constricción se constata que a partir de que los escolares se han apropiado de la distribución espacial de los seres vivos en la maqueta establecen relaciones entre la distribución agregada de los árboles y las diferentes respuestas de éstos a la perturbación incendio e identifican diferentes zonas de impacto en el bosque quemado. Consideramos que la apropiación de la visión paisajística por parte de los escolares se debe a la elaboración personal de los prototipos, el montaje y especialmente la realización de esto en interacción y bajo un proceso de regulación continuo. Así **el punto de partida es producto de las actividades precedentes realizadas en torno a la maqueta, generándose una visión paisajística del bosque quemado.**

- 1.1.1.2. Se observa en los escolares por un lado la ausencia de la idea de banco de semillas y por otro su dificultad para imaginar el proceso de su formación. Los escolares no imaginan la procedencia de las semillas, tampoco los procesos que pueden llevar a la formación de suelo, y por tanto el cómo las semillas podían quedar enterradas. Quedo evidenciada la forma como los escolares argumentan utilizando la nueva información y mezclándola con sus ideas de partida. Finalmente, se construye la idea de banco de semillas. Finalmente **los escolares construyen la idea de banco de semillas.** Así mismo discutimos la necesidad de tomar en cuenta estos resultados en la planificación curricular.

- 1.1.1.3. Finalmente el banco de semillas como una constricción es considerada por los escolares para la toma de decisiones respecto a dónde pueden colocar las plantas que han crecido tras el incendio. Para ello se recupera el registro histórico de la maqueta atendiendo

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

a la distribución espacial de árboles antes del incendio. Los escolares también toman en consideración otros factores para la presencia de semillas, como el transporte vertical por animales o el que estos las guardaran como comida, lo que permite que se considere que **se genera una visión muticausal de la constricción.**

1.1.1.4. Para la toma de decisiones, los escolares consideran los elementos presentes y los posibles en la maqueta. En los presentes: plantas, animales y viento, luz y agua. En los posibles se toman en cuenta las interacciones que se producen entre los elementos presentes y que dan lugar a condiciones emergentes. Este tipo de reglas no son deterministas, permitiendo incorporar la complejidad **Se genera la 3ª regla del juego de modelización ‘Para la toma de decisiones hemos considerar los elementos presentes en la maqueta, o posibles’.**

1.1.1.5. En el conjunto de secuencias de constricción *Ls11* a *Ls14* se construyen constricciones sobre la disponibilidad de alimento para que los animales regresen al bosque. Los **escolares toman en cuenta esta constricción en la toma de decisiones** sobre dónde ponen, en la maqueta, los insectos que vuelven al bosque.

### 1.1.2. Secuencia de tipo **mecanismo**

1.1.2.1. *Ls17* **se relaciona la idea de crecimiento de los árboles con la necesidad de alimento**, especialmente de la reserva de alimento en los que rebrotan, ya que al no tener hojas no pueden ‘producir alimento’.

1.1.2.2. En la secuencia *Ls18* **se relaciona la idea de que los animales vuelven con la posibilidad de captar estímulos** provenientes del alimento.

1.2. **La segunda** forma de construcción de nuevos significados del modelo **se produce entre secuencias discursivas de diferente nivel escalar. Se generan dos explicaciones jerárquicamente anidadas.** Que identificamos en el esquema resumen 14 con flechas curvas punteadas.

1.2.1. Se parte de la generalización sobre el crecimiento de plantas después de un incendio. Se plantean constricciones relacionadas con la necesaria presencia de semillas y de agua. El mecanismo se introduce al final de la actividad relacionando el crecimiento y la necesidad de producción de alimento por parte de las plantas. **Se genera una explicación**



**jerárquicamente anidada que explica el crecimiento de plantas tras un incendio**

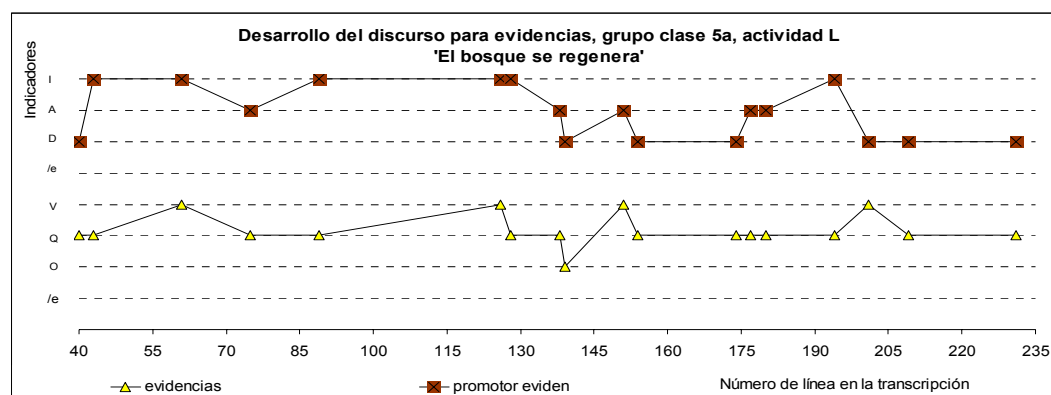
- 1.2.2. Se parte de la constricción de los recursos limitantes para su alimentación, estos recursos se relacionan con el crecimiento de plantas, así una vez que éstas han crecido, los animales, inicialmente los insectos, empiezan a volver al bosque. Se explica la posibilidad de percibir el alimento a través del mecanismo de captación de estímulos. En este caso no se presenta una secuencia de generalización sobre el fenómeno, sin embargo, dentro de una de constricción se enuncia como condensación. **Se genera una explicación jerárquicamente anidada que explica el regreso de los animales al bosque.**
  - 1.2.3. En el conjunto de secuencias de constricción *Ls5* a *Ls8* **se construye y aplica la constricción de banco de semillas** como antecedente necesario para el crecimiento de las plantas después del incendio
2. Con respecto a los **siete movimientos escalares**. Pueden verse en el esquema 5-14 representados con flechas rectas continuas que ascienden o descienden.
    - 2.1. Los movimientos **hacia constricciones** se generan ya sea por observaciones relacionadas con la distribución, presencia o ausencia de elementos en la maqueta, como a la toma de decisiones sobre el lugar dónde colocar nuevos elementos (plantas y animales). Es decir, **se asocian a la acción por parte de los escolares sobre la maqueta.**
    - 2.2. Los movimientos **hacia generalización** se producen al **delimitar los posibles cambios que ocurren después de un incendio y al observar elementos** (semillas) **fuera del contexto de la maqueta.**
    - 2.3. Los movimientos **hacia mecanismos** se producen por **preguntas indirectas de la docente** que dirige la mirada hacia ese nivel. Las preguntas tienen un formato que se ha utilizado en otras ocasiones y se observa que los escolares se han apropiado del formato dirigiendo la mirada a los mecanismos.
  3. Respecto al nivel de progresión de los escolares.
    - 3.1. En la construcción del modelo ser vivo los escolares son capaces de visualizar e identificar **las constricciones producidas por las relaciones animal – planta** (los animales dispersan las semillas, los animales se alimentan de plantas) **dificultándoseles más visualizar y expresar las constricciones derivadas de las relaciones planta – planta** (formación del banco de semillas); además identifican más fácilmente las constricciones **relacionadas con la disponibilidad de alimento** que con la necesidad de pareja o refugio.

### 3.2. Respecto a la maqueta

- 3.2.1. La emergencia de condiciones surge en la interacción entre los escolares, docentes y con la maqueta. **La maqueta se convierte en mediador entre las ideas de partida de los escolares y el modelo de las docentes.**
- 3.2.2. **La actividad sobre la maqueta esta condicionada por la argumentación** válida, por ser congruente con las ideas del modelo, y no por reglas fijas pre-establecidas. Esto se relaciona con la **concepción semántica de la ciencia escolar. Los escolares toman en consideración las tres reglas del juego establecidas hasta el momento para la toma de decisiones.**
- 3.2.3. Se presenta una **flexibilidad en la conversación** donde los escolares aportan ideas variadas y se retoman o complementan significados construidos en actividades anteriores. se presenta una alta variación entre secuencias discursivas respecto a quién promueve la explicación. Así el **contexto argumentativo es rico** por el aporte de ideas de diferentes actores, que aportan variedad de ideas a diferentes escalas de observación.
- 3.2.4. Se genera la **primera regla del juego de la gestión de la simulación**, que tiene la finalidad de propiciar situaciones didácticamente ricas. En esta primera regla de la gestión de la simulación se permite imaginar que el tiempo pasa: de uno a varios meses después del incendio.

### 5.5.2. Análisis de las evidencias

A continuación realizamos el análisis de las interacciones en la actividad L, tomando en cuenta el tipo de evidencias utilizadas. Partiendo de los resultados de la segunda etapa del análisis construimos gráfica 5-11, en el eje de las ordenadas: **Sin evidencia** (/e), **observación** (O), **maqueta** (Q), **otras fuentes** (V), **docente** (D), **alumnos/as** (A), **interacción** (I), en el eje de las abscisas la línea de transcripción, en el eje de las abscisas el número de línea en la transcripción.



Gráfica 5-11. Distribución en el tiempo de las evidencias y quién las promueve, en la actividad L.

### 5.5.2.1. Las evidencias

Como podemos observar en la gráfica 5-11, en esta actividad las evidencias por maqueta se distribuyen a todo lo largo de la misma sin tener, aparentemente, ningún patrón definido (encontradas en las secuencias *Ls1*, *Ls2*, *Ls4*, *Ls5*, *Ls7*, *Ls8*, *Ls11*, *Ls12*, *Ls13*, *Ls14*, *Ls15*, *Ls17* y *Ls18*). Encontramos también distribuidos de manera aparentemente aleatoria los otros indicadores de evidencias (observación y otras fuentes). Como hemos mencionado en el apartado de explicaciones esta actividad L presenta una flexibilidad en el discurso donde se van retomando ideas diversas incorporándolas en la conversación. Por lo anterior, no es raro que en el caso de las evidencias también se encuentre una distribución en el tiempo con abundantes puntos de inflexión, tal como muestra la gráfica.

En la secuencia *Ls1* la evidencia proviene de la *maqueta*. La docente centra la atención en ésta, la cual presenta condiciones diferenciales en las zonas quemadas. Así, la maqueta permite una observación de *las características del paisaje* a partir de la cuales se genera el contexto discursivo.

#### Fragmento Ls1

D1.- **vemos como quedo el bosque después del incendio** | los árboles se quemaron y los animales huyeron || **yo observo que hay una zona que está más quemada y otra menos quemada** | aquí hay unos pocos de árboles | por qué? | a ver primero Marisol | luego Abraham | luego Josy | por qué?

En la secuencia *Ls2*, con evidencia por *maqueta*, los escolares reconocen la visión paisajística y la relacionan con el registro histórico (la distribución de árboles anterior al incendio). En este caso podemos decir que *la maqueta permite que los escolares identifiquen una causalidad*. Este es un dato que ratifica que la maqueta se utilizó como un tipo de simulación, ya que *presenta una dinámica de transformación: no es estática*. También se realiza una relación con las

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

características de las diferentes especies de árboles presentes en la maqueta. Podemos observar que la maqueta como simulación *incorpora la variable temporal y espacial a un nivel amplio* (paisajístico) así como *a un nivel particular* (presencia de un cierto árbol y su vulnerabilidad al fuego), generando *una visión compleja del bosque después de un incendio forestal*. Es posible afirmar que ***ésta es una forma de aplicación de la visión escalar***. Como menciona Araceli (1997: 126).

“Se recurre a la teoría de los sistemas jerárquicamente organizados, mediante la cual un sistema de cierta complejidad se descompone en subestructuras que, gracias a su adecuada coordinación, restituyen al sistema su complejidad original”

En la secuencia *Ls3*, donde la evidencia proviene de ***otras fuentes***, los escolares recurren a sus ideas antecedentes para apoyar la explicación de un proceso. Ante la pregunta *¿de dónde vienen las semillas de las que proceden las plantas?*, un escolar apela a la idea de que los humanos las ponen.

### Fragmento Ls3

D1.- **y de dónde salen esas plantas**

No.- de la tierra

D1.- la tierra | los pedacitos de tierra se convierten en una planta

No.- **no los humanos ponen llavors**

D1.- a los humanos las ponen?

Uno de los placeres de ser docente consiste en encontrarse con este tipo de explicaciones por parte de los escolares. Su lógica y la simplicidad de sus respuestas cuando han de explicar algunos fenómenos o procesos siempre sorprende.

En la secuencia *Ls4* la evidencia proviene de la ***maqueta***. En este caso *evidencia lo que aún no hay*. La ausencia de elementos se convierte en un limitante para que se produzcan algunos procesos. Durante las etapas de la sucesión se les llama facilitadores a estos elementos que permiten que se produzcan fases de la sucesión con unos u otros elementos<sup>5</sup>.

Desde una visión sistémica de los seres vivos, podemos decir que los escolares están hablando de la *interacción*. Aquí se puede ver que la simulación incorpora la variable temporal, además de la espacial, igual que en la secuencia *Ls2*. Sin embargo, en esta secuencia *Ls4* también existe una forma de delimitación de la *velocidad de los procesos*. Los escolares hacen referencia a las posibles velocidades cuando dicen: *“no mientras no haya muchos arbustos no vienen”* y *“cuando los árboles estuvieran*

---

<sup>5</sup> Los facilitadores fueron introducidos por Clemet como el mecanismo básico que regula la sucesión. Así, cada etapa de la sucesión, cada comunidad de la serie, producía una alteración gradual e inevitable del ambiente, haciéndolo mejor para la fase o etapa siguiente. Los facilitadores están ampliamente documentados en la bibliografía, pero hoy día se reconocen también los inhibidores y la tolerancia como otros mecanismos que influyen en la sucesión (Terradas, 2001).

*grandes*”. La docente precisa la variable tiempo cuando dice: “*pero ahora apenas estamos en un mes*”. Se puede decir que se habla de un proceso ‘lento’ donde se producen cambios estructurales (Araceli, 1997). Estos cambios lentos, pueden asociarse en la visión escalar propuesta en este trabajo a las llamadas constricciones<sup>6</sup>. *Así, tenemos que la fisonomía paisajística reconocida por los escolares se constituye, desde esta propuesta, en una constricción.*

En la secuencia *Ls4* se encuentra un ejemplo de esta forma de ver y de gestionar en clase la visión escalar en la construcción del modelo ser vivo a partir de las observaciones en la maqueta. *Las constricciones asociadas con procesos ‘lentos’ se constituyen en un condicionante para la alimentación de los animales y por tanto para su supervivencia.* Por tanto, y como dice una niña: “no, mientras no haya muchos arbustos no vienen [los animales]” y vendrán “cuando estuvieran grandes”.

#### Fragmento Ls4

Na.- también vendrían animales

Na.- **no | mientras no haya muchos arbustos no vienen**

D1.- **cuándo vendrían** animales y qué animales?

Na.- **cuando los árboles estuvieran grandes**

D1.- ahh || pero **ahora apenas estamos en un mes ehh** | recuerden que a los cincuenta años ya tenemos de nuevo un bosque | pero en un mes?

[risas]

No.- **no habría aún árboles | apenas empezarían a crecer les arrels**

D2.- però no es pot dir arrels | es diu *raíces* o arrels D1.- Abraham tiene razón | empezarían apenas a crecer las raíces

D2.- recordeu el bosc cremat

No.- si apenas había pocos árboles

D1.- y cuántos años hacia que se había quemado

No.- muchos

En la secuencia *Ls5*, la evidencia proviene de la *maqueta*. Se plantea la necesaria presencia de semillas para que las plantas crezcan. Los escolares utilizan diversos recursos para explicar la procedencia de las semillas. Diferentes tipos de evidencias son utilizadas en este caso. Hemos identificado la evidencia de la maqueta por sobre otras en esta secuencia, dado que el proceso reconstruido en la simulación – el crecimiento de plantas- da pie a la necesidad de semillas y dicho proceso se centra en la maqueta. Por otra parte, observamos que los escolares y la docente hacen constantes referencias a la maqueta con expresiones como “este bosque” y también a los elementos que han colocado en la maqueta como animales, aves y árboles.

#### Fragmento Ls5

No.- unos animales habrán ido a refugiarse a otro sitio donde haya alimentación a alimentarse a otros sitios y ahora ido al bosque y se habrán enganchado semillas y **habrán ido al bosque** y

D1.- pero **a otro bosque no | a éste no**

<sup>6</sup> Allen (1982) considera que las constricciones tienen una velocidad más lenta de respuesta que los mecanismos.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

No.- sí | y como **los pájaros que vuelan | se encuentran con este bosque** y pueden dejar las semillas

...

Na.- de las que han caído de los árboles

D1.- **aquí tenemos unas que han caído hace poco y se quemaron por el incendio** | pero hay otras que están enterradas y otras que pueden resistir el fuego | esas no se han quemado

En la secuencia *Ls6* se presenta evidencia por ***otras fuentes por experiencias antecedentes***, donde un escolar hace alusión a que las semillas necesitan agua para crecer. Una de las actividades realizada durante la unidad didáctica fue la germinación de semillas, se discutió con los escolares la necesidad de agua para su germinación y crecimiento (actividad J ‘Nutrición en plantas’).

### Fragmento Ls6

No.- **pero necesitan agua para crecer**

D1.- necesita llover un poco para que empiecen a crecer |

En las secuencias *Ls7* y *Ls8* la evidencia proviene de la ***maqueta***. La acción sobre la maqueta es el elemento primordial en esta secuencia.

### Fragmento Ls7

D1.- bueno quien va a pasar a poner las plantas que empiezan a crecer ...

...

Na.- **mira aquí había un árbol**

No.- donde haya agujeros será más fácil

Na.- **pero una cosa | pero podría haber una semilla aquí**

No.- huele a quemado

D1.- muy bien

Ns.- [comentarios varios, **mientras colocan sus plantas**]

### Fragmento Ls8

Na.- y también los animales **que podrían haber dejado ahí semillas** después de comer

La maqueta como evidencia permite a los escolares *más que imaginar, predecir* la posible presencia de semillas, dado que toman en consideración factores que se han discutido con antelación: presencia de árboles y dispersión de semillas. Por otra parte se observa *la aplicación de la 3<sup>a</sup> regla del juego a la toma de decisiones*<sup>7</sup>.

En la secuencia *Ls9* identificamos evidencia por ***observación***. Nuevamente refiriéndose a las semillas, se habla sobre la colonización de éstas por transporte vertical y su capacidad de movilidad. La docente muestra a los niños y las niñas unas semillas que tienen forma de ‘ala’ y que pueden ser llevadas fácilmente por el viento. Los escolares realizan la experiencia de intentar moverlas soplando sobre ellas.

---

<sup>7</sup> ‘Hemos de tomar en consideración los elementos presentes en la maqueta, o posibles’

Fragmento Ls9

D1.- **miren les he traído unas semillas** para mostrarles | miren esta semilla parece que tuviera alas

Ns.- ah sí

...

[la maestra reparte las semillas entre los niños, que **las avientan y ven cómo caen**]

D1- lo ven | y estas pequeñitas | estas las podía haber transportado el aire || a ver todos hagan shhhh ara que sea como aire

[la **maestra lanza una semilla | todos los niños soplan**, hay risas, la semilla cae movida ligeramente por el aire de los niños]

D1.- a ver otra vez || este grupo | y esta otra se la lleva el aire || a ver dénmelas ya!

Na.- **ah yo no la he visto**

D1.- **toma** || bien || qué más?

En la secuencia *Ls10* la evidencia proviene de *otras fuentes por experiencias antecedentes*. Los escolares expresan sus ideas sobre la procedencia de las semillas a partir de las cuales crecen las plantas, relacionándola con las actividades de los animales.

Fragmento Ls10

No.- que también **hay algunos animales que | guardan comida para otra época**

No.- = **las hormigas**

En la secuencia *Ls11* la evidencia proviene de la *maqueta*. Se continúa con la posible sucesión y los escolares mencionan la idea de regreso de los animales. En esta secuencia se ahonda en la posible alimentación de las hormigas. Los escolares mencionan que las hormigas se pueden alimentar de “sobras”. La docente lleva la atención a la maqueta y restringe la alimentación a lo que podría la hormiga encontrar en el contexto de la maqueta diciendo “¿pero aquí habrá sobras?, piensen en las hormigas que vienen aquí”. Así la maqueta se constituye en un elemento importante en la argumentación respecto a los elementos presentes o posibles (3ª regla del juego<sup>8</sup>).

Fragmento Ls11

...

No.- porque **las hormigas se acercan y tienen su alimentación**

D1.- de qué se alimentan?

Na.- de sobras

D1.- **pero aquí habrá sobras? | piensen en las hormigas que vienen aquí (señalando la maqueta)**

...

En la secuencia *Ls12* la evidencia proviene de la *maqueta*. La docente habla sobre los animales que empezarían a regresar, situando tal regreso a la maqueta.

---

<sup>8</sup> Como hemos comentado la tercera regla es una aplicación específica de la primera.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

En la secuencia *Ls13* la evidencia proviene de la **maqueta**, los escolares mencionan otros elementos (semillas y flores) que por su presencia o ausencia de la maqueta condicionan a su vez la presencia de los animales.

### Fragmento Ls13

No.- que **les llavors petites poden servir d'aliment**  
Na.- **las abejas no podrían aun volver | no hay flores**  
...

En la secuencia *Ls14* la **maqueta** se constituye en fuente *de evidencias para la acción*. Los escolares determinan los elementos presentes y definen el lugar dónde colocan a los insectos en función de eso. En el siguiente fragmento observamos como se conjugan las características de las especies (movilidad) con las condiciones paisajísticas (distribución del alimento).

### Fragmento Ls14

D1.- a ver **aquí hay pequeños insectos que se alimentan de hojas** | a ver Ignasi  
No.- como que **viene por aquí**  
[los niños y niñas empiezan a colocar insectos en la maqueta]  
Na.- una marieta  
Na.- **la marieta puede volar?**  
D1.- sí pero no tan alto  
Na.- bueno  
No.- **empieza a comer un poquito**  
No.- **lo pongo aquí porque encontrará mucho alimento**  
Na.- **pero nos faltan más insectos**  
D1.- podríamos hacer más | por lo pronto pondremos los que ya tenemos  
Na.- **viene de acá**  
...

Una niña también llama la atención sobre la abundancia de los insectos. En este caso hacen falta más insectos para colocar en la maqueta. La docente cierra el tema al decir “por lo pronto pondremos los que ya tenemos”. Podemos considerar que el tema de las abundancias relativas de cada especie o grupo podría tratarse como una restricción para el modelo ser vivo. Sabemos que en el modelo ecosistema es una relación importante que está condicionada por los flujos de materia y energía. Las docentes deciden tratar el tema como una restricción y dado que el modelo a construir no es el modelo ‘ecosistema’ no hacen ningún comentario al respecto.

En las secuencias *Ls15* la evidencia proviene de la **maqueta**. En este caso se imagina que han pasado cuatro meses y los escolares comentan que cambios se producirían en la maqueta.

En la secuencia *Ls16* se presenta evidencia por **otras fuentes**. En esta es la **autoridad** de las docentes la que delimita qué tanto podrían haber crecido los árboles cuando han pasado cinco meses después del incendio, así como sobre los árboles que rebrotan.



Fragmento Ls16

...

D2.- analitzem el dels arbres que has dit tu | **en cinc mesos tu creus que ja poden tenir fruits potser sortirien només unes petites branquetes als costats | si és que estaven vius començarien a sortir unes petites branquetes pels costats**

D1.- algo importante es que tenemos que pensar en que son árboles distintos | por ejemplo a los **pinos no les salen nuevas ramas y nuevas hojas | quiere decir que no | rebrota | en cambio los encinos si rebrotan | les empezarán a salir unas pequeñas ramitas y hojas |**

En la secuencia *Ls17* la evidencia proviene de la **maqueta**. La docente se refiere a las encinas de la maqueta para generar una pregunta que permita a los escolares hablar de la nutrición en plantas. Así, como podemos ver en el fragmento, la docente hace alusión a un elemento presente en la maqueta.

Fragmento Ls17

D1.- esta pregunta los árboles producen su alimento en las hojas y por eso pueden crecer | como es que los encinos | **como es que a estas [señalando en la maqueta] | les pueden empezar a crecer ...**

En la secuencia *Ls18* la evidencia proviene de la **maqueta**. Aquí *se retoma el registro histórico generado por las acciones de los escolares en la maqueta*. La docente cuestiona las decisiones de los escolares que han quedado plasmadas en la maqueta.

Fragmento Ls18

D1.- por ejemplo **aquí me pusieron este insecto aquí || cómo es que este insecto sabe qué ahí hay alimento?**

....

D1.- quiere decir **que para poder explicar cómo ese insecto lleo ahí** estamos explicando que se ...

Estos datos ejemplifican la manera en que la maqueta se convierte en una fuente de *fenómenos a explicar*, la docente utiliza un tipo de *pregunta de formato homogéneo* para guiar la explicación de uno de los fenómenos al nivel mecanismos. Por tanto, en esta actividad *la maqueta se convierte en fuente de fenómenos a explicar (generalizaciones) y permite a los escolares visualizar algunas constricciones, las preguntas de las docentes guían la visión a los mecanismos*.

En términos generales se puede decir que la maqueta permite evidenciar varios aspectos, entre ellos:

- Diferencias entre los componentes de la maqueta y su distribución espacial:

5. Análisis interpretativo de la actividad L 'El bosque se regenera'

Fragmento Ls2

Na.- en esta banda es donde había pinos y la otra banda es donde teníamos *les alzines*

- Diferencias específicas de respuesta a la perturbación incendio:

Fragmento Ls 2

No.- **que también es diferente en *alzines sureres* | está era una *alzina surera***

D1.- y cuál sería la diferencia

No.- porque tienen *suro*

Fragmento Ls5

No.- de las raíces porque **cuando se quema el bosque no se queman las raíces | se quema lo de arriba**

Fragmento Ls5

D1.- aquí tenemos unas que han caído hace poco y se quemaron por el incendio | **pero hay otras que están enterradas y otras que pueden resistir el fuego | esas [*semillas*] no se han quemado**

- Cambios que se van dando en la sucesión, facilitadores o condicionantes:

Fragmento Ls3

D1.- ahora **vamos a imaginar que pasa un día | dos días** | vamos a imaginar que ya ha pasado todo un mes | qué creen que podría suceder | qué podría cambiar  
[hay muchas manos levantadas]

...

Na.- **que empezarían a salir plantas**

Fragmento Ls7

Na.- mira **aquí había un árbol**

No.- donde haya agujeros será más fácil

Na.- pero una cosa | **pero podría haber una semilla aquí**

Fragmento Ls11

D1.- bueno **ya tenemos un poquito de vegetación** | qué otra cosa podrá pasar?

Na.- los animales

D1.- qué animales?

No.- hormigas

No.- insectos

D1.- por qué?

No.- porque **las hormigas se acercan y tienen su alimentación**

Fragmento Ls13

Na.- **las abejas no podrían aun volver | no hay flores**

Fragmento Ls15

D1.- pensemos en más tiempo para ver los cambios | **cinco meses | si? | ya casi medio año**

Na.- **que l'herba havia crescut i vindrien més animals i també surtirien més llavors**

- Las características que definen los lugares hacia los que huyen los animales:

Fragmento Ls5

No.- unos animales habrán ido a **refugiarse a otro sitio donde haya alimentación a alimentarse a otros sitios y ahora ido al bosque...**

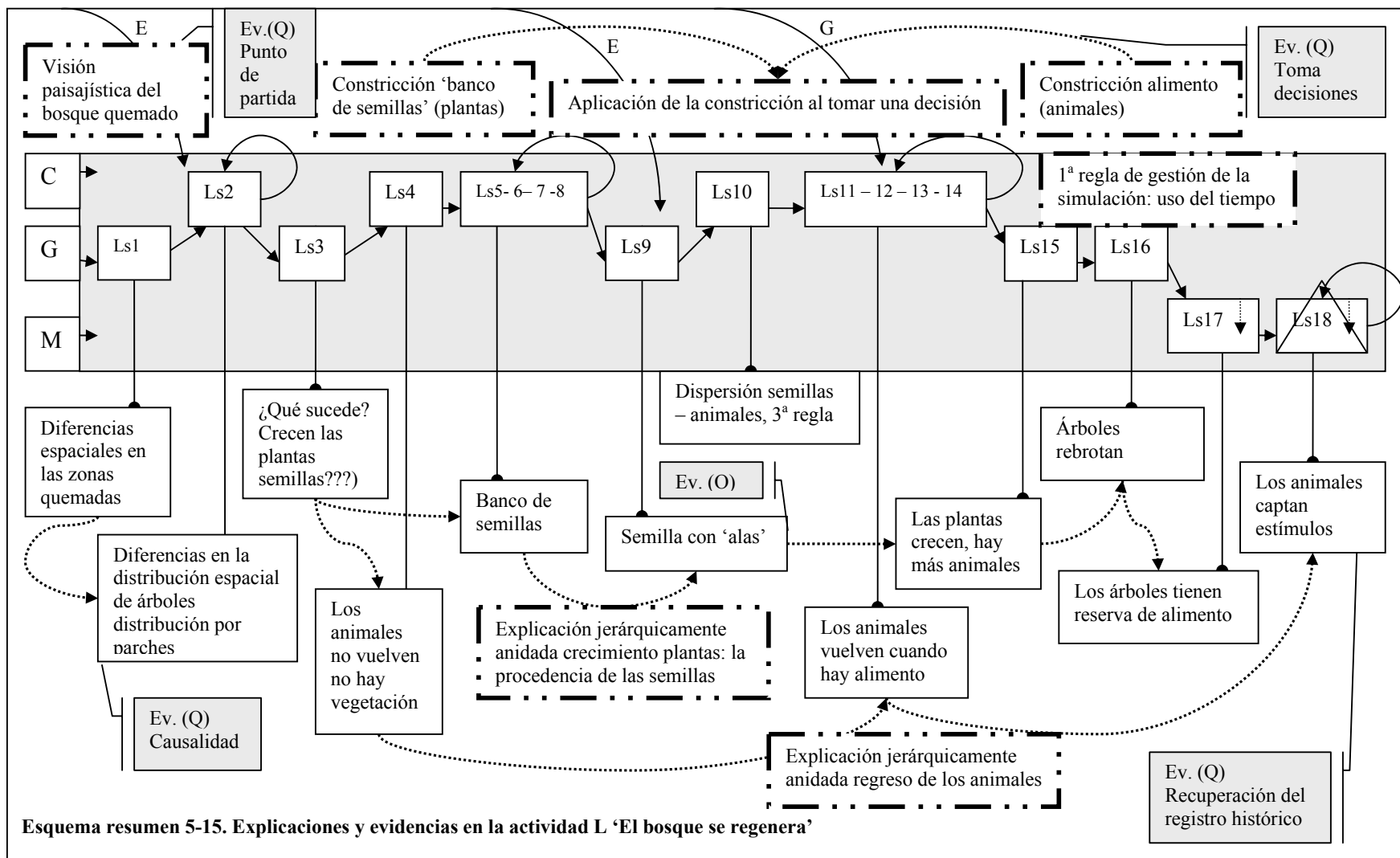
Finalmente, en esta sesión hemos encontrado que las transformaciones realizadas en la maqueta van generando facilitadores o constrictores. La variedad de evidencias aportadas por la maqueta nos indica que, al igual que en la actividad E ‘Montaje de árboles’, en esta actividad los cambios paisajísticos van condicionando los siguientes cambios, al mismo tiempo que las características específicas de las especies van condicionando los cambios paisajísticos, en un *proceso recursivo de condicionamiento mutuo*. En esta actividad constatamos que los escolares siguen el desarrollo de dichos cambios al mismo tiempo que son capaces de identificar los condicionamientos generados por las características particulares de las especies.

#### **5.5.2.2. Respecto a quién promueve la evidencia**

En este caso llamamos la atención sobre las secuencias donde la evidencia es promovida por los **alumnos/as**. Estas son la *Ls6, Ls7, Ls10, Ls11, Ls15, Ls17, Ls18 y Ls19*. En todas ellas (excepto la *Ls17*), la evidencia proviene de la maqueta. Esto indica que la *acción al colocar elementos en la maqueta lleva a los escolares a generar la evidencia*. Consideramos que la maqueta es fuente accesible de evidencias para los escolares, ya que como resalta en los datos obtenidos, en la mitad del total de secuencias con evidencias, éstas son aportadas por los escolares.

#### **5.5.2.3. Síntesis de las evidencias: La maqueta genera un registro histórico**

Para visualizar los momentos en que se presentan evidencias y los procesos de construcción del modelo que apoyan, hemos complementado el esquema anterior y situando las evidencias, generando el esquema 5-15. Las evidencias se representan en recuadros de tipo ‘llamada’ usando una línea continua y un sombreado gris.



Podemos interpretar de las evidencias de la actividad L, lo siguiente:

1. En relación al tipo de evidencias, encontramos evidencias derivadas de la maqueta, así como por observación, experiencias antecedentes de los escolares y autoridad, todas ellas apoyando la generación de dos explicaciones jerárquicamente anidadas.

1.1. **La evidencia por maqueta es la más utilizada** y permite:

1.1.1. Por un lado **establecer una visión paisajística (global) y por otro determinar los elementos presentes en la maqueta a nivel particular (plantas y animales) y sus interacciones**. Tanto la visión global como la particular se utilizan como elementos para determinar la causalidad de los procesos de manera recursiva y su velocidad. Generan el registro histórico de la maqueta, que permite regresar a hablar sobre lo que ha pasado, y al cual se recurre para apoyar la construcción de las explicaciones jerárquicamente anidadas, donde se incorpora la complejidad del sistema a través de su visión escalar.

1.1.2. La manipulación de la maqueta y la consideración de la presencia o ausencia de elementos en la misma **genera limitaciones en las etapas de la sucesión así como facilitadores** según sea el caso. La maqueta permite su visualización y utilización por los estudiantes en la toma de decisiones. En ellas se considera también las características particulares de las especies. Por tanto, las evidencias por maqueta **se relacionan tanto con la acción por parte de los escolares como con la discusión de los elementos presentes y su procedencia**.

1.1.3. Aporta **fenómenos para explicar** y permite la **visualización de constricciones**, incorpora el aspecto espacial, temporal, y la velocidad de los procesos. Vemos que **esto es accesible a los escolares** dado que en la mitad de las secuencias con evidencias son promovidas por los escolares y de ellas todas, excepto una, proviene de la maqueta.

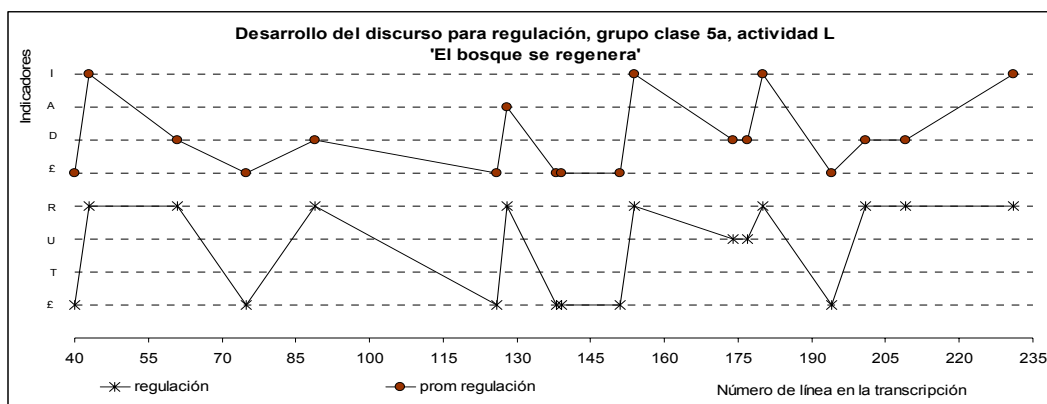
1.1.4. Por otra parte y dada la aplicación de las reglas del juego de la modelización la maqueta permite **más que imaginar, predecir** la posible presencia de semillas.

1.2. La **evidencia por observación** se utiliza para mostrar un tipo de semilla con unas características específicas de dispersión.

1.3. La evidencia **por experiencias antecedentes** permite a los escolares identificar la posible procedencia de las semillas del ‘banco de semillas’

### 5.5.3. Análisis de la regulación

A continuación presentamos el análisis de los indicadores relacionados con la regulación para la actividad L. Partiendo de los resultados de la segunda etapa del análisis construimos la gráfica 5-11 en el eje de las ordenadas se presentan los símbolos: *sin regulación* (£), *transformación* (T), *uso* (U), *regulación* (R), *docente* (D), *alumnos/as* (A) e *interacción* (I), en el eje de las abscisas el número de línea de la transcripción.



Gráfica 5-11. Distribución en el tiempo de los indicadores relacionados con regulación y quién la promueve, en la actividad L ‘El bosque se regenera’.

#### 5.5.3.1. La regulación actividad L

En la secuencia *Ls1* es *sin regulación*. En la secuencia *Ls2* identificamos el *uso* de la palabra ‘*suro*’ (corcho) que fue objeto de regulación en otra actividad.

En la secuencia *Ls3* se presentan dos aspectos relacionados con la **regulación**. En principio la docente *regula las formas de hablar* al solicitar “pensando como científicos nos tienes que decir el ¿por qué?” Ya en otras actividades las docentes han introducido esta idea sobre la forma de pensar y expresarse de los científicos. Por otra parte, aquí se inicia un proceso de regulación que se extiende durante varias secuencias y que está relacionado con la idea de la posible procedencia de las semillas a partir de las cuales crecen las plantas. Tal como mencionamos en la sección de explicaciones, la docente no acepta la explicación del alumno y le invita a reflexionar sobre ella, dejando pendiente el tema y la tarea de la reflexión por parte del escolar: “*bueno antes piénsalo Miquel, de dónde más pueden venir las semillas*”.

##### Fragmento Ls3

...

Na.- que empezarían a salir plantas

D1.- **y pensando como científicos nos tienes que decir el por qué?**

No.- porque ya pasó mucho tiempo y empiezan a salir

...

No.- **no los humanos ponen llavors**

D1.- **a los humanos las ponen?**

No.- que también las *alzines* crecen | porque no se han quemado tanto y pueden seguir creciendo

D1.- **bueno antes piénsalo Miquel | de dónde más pueden venir las semillas**

La secuencia *Ls4* la identificamos **sin regulación**. En la secuencia *Ls5* se **regula** la idea respecto a la procedencia de las semillas. Se genera un intercambio de opiniones sobre la procedencia de las semillas y una sutil regulación por parte de la docente que, después de varias intervenciones por parte de los escolares, ahonda en la idea de semillas procedentes de las plantas que no se han quemado durante el incendio.

#### Fragmento Ls5

No.- unos animales habrán ido a refugiarse a otro sitio donde haya alimentación a alimentarse a otros sitios y ahora ido al bosque y **se habrán enganchado semillas y habrán ido al bosque** y

...

D1.- miren **Daniel nos está explicando lo que también decía Miquel | si crecen plantas es porque debe haber semillas | de dónde vienen esas semillas?**

...

D1.- **piénselo | iremos en orden**

...

D1.- **de qué estamos hablando ahora Pablo**

Na.- que de dónde vienen las semillas

...

D1.- es algo interesante de las semillas | **cuando los produce un árbol pueden durar varios años | y pueden estar enterradas | podrían haberse producido un año antes o dos | pensando en esto a ver explicanos Miquel de dónde vienen las semillas? están enterradas bajo tierra | por qué no se queman?**

No.- porque están un poco enterradas |

En la secuencia *Ls6* no se identificó **regulación**. En la secuencia *Ls7* se presenta una acción sobre la maqueta, en ésta, como podemos ver en el fragmento, encontramos expresiones que indican que se produce un proceso de *auto-regulación de la toma de decisiones de los escolares*, al considerar la constricción para colocar los elementos en la maqueta.

#### Fragmento Ls7

Na.- pero una cosa | **pero podría haber una semilla aquí**

En las secuencias *Ls8*, *Ls9* y *Ls10* no se identificó **regulación**. En la secuencia *Ls11* identificamos **regulación** relacionada con la alimentación de las hormigas, especialmente en el sentido de que la docente invita a los escolares a reflexionar sobre las posibilidades de alimentación en un lugar determinado, en este caso en la

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

maqueta y a contrastarla con su idea inicial respecto a que éstas se alimentan de “sobras”.

### Fragmento Ls11

No.- porque las hormigas se acercan y tienen su alimentación

D1.- de qué se alimentan?

Na.- de sobras

D1.- pero aquí habrá sobras? | **piensen en las hormigas que vienen aquí (señalando la maqueta)**

No.- de migas de pan

No.- las hormigas son pequeñas y vana agarrar | eh | frutos

No.- minerales

Na.- de fulles petites

No.- de hojas

D1.- sí

Na.- de los árboles

Na.- de los arbustos también

En la secuencia *Ls12* encontramos **uso**, en el que la docente utiliza palabras que han sido objeto de regulación en otras actividades.

### Fragmento Ls12

D1.- a ver | no tenemos muchas hormigas [refiriéndose a las elaboradas por los niños y niñas, buscando para darles y que las coloquen en la maqueta] || los insectos empezarán a regresar porque ya tendrían donde *refugiarse* y para **alimentarse** | y un lugar donde **reproducirse**

La secuencia *Ls13* la identificamos **sin regulación**. En la secuencia *Ls14*, como podemos observar en el fragmento siguiente, ante la acción directa de los escolares sobre la maqueta se genera una *regulación de la acción* relacionada con tres aspectos: 1) la capacidad de movimiento de los animales y 2) la disponibilidad de recursos y el posible regreso de los animales y 3) la abundancia de los elementos con que se cuenta para la simulación. Encontramos que *la regulación de la acción se realiza a través de las constricciones del modelo y debido a la manipulación de la maqueta*.

### Fragmento Ls14

D1.- a ver aquí hay pequeños insectos que se alimentan de hojas | a ver Ignasi

No.- como que viene por aquí

[los niños y niñas empiezan a colocar insectos en la maqueta]

Na.- una marieta

Na.- **la marieta puede volar?**

D1.- **sí pero no tan alto**

Na.- bueno

No.- empieza a comer un poquito

No.- **lo pongo aquí porque encontrará mucho alimento**

Na.- **pero nos faltan más insectos**

D1.- podríamos hacer más | por lo pronto pondremos los que ya tenemos

Na.- viene de acá



No.- si no tenemos tiempo lo podemos hacer en casa

D1.- **pero habíamos dicho que esta aún no puede regresar porque no hay flores**

La secuencia *Ls15* la identificamos **sin regulación**. En la secuencia *Ls16* se presenta **regulación** respecto al tiempo transcurrido y el crecimiento de los árboles, así como a la diferencia entre los árboles que rebrotan y los que no. Los escolares expresan sus ideas de partida, en las que los cambios que identifican no son estructurales sino sólo aditivos: hay más de todo. Ante la observación de la docente, que puede leerse del tipo: ‘no todo crece igual’, los escolares empiezan a discriminar elementos así como los cambios que se producen entre los diferentes elementos que forman el bosque.

Fragmento Ls16

Na.- los árboles ya habrían crecido y habría frutos

D1.- **ya habrían crecido en cinco meses?**

No.- sólo un poco

D2.- analitzem el dels arbres que has dit tu | **en cinc mesos tu creus que ja poden tenir fruits potser sortirien només unes petites branquetes als costats | si és que estaven vius començarien a sortir unes petites branquetes pels costats**

D1.- algo importante es que tenemos que pensar en que son árboles distintos | por ejemplo a **los pinos no les salen nuevas ramas y nuevas hojas | quiere decir que no | rebrota | en cambio los encinos si rebrotan | les empezarán a salir unas pequeñas ramitas y hojas |**

Se regulan las palabras corcho y rebrotar. En cuanto a la palabra ‘corcho’, ésta es de importancia en el argumento dado que es una característica que tiene como consecuencia que los árboles que la presentan se vean menos afectados por el incendio, siendo una idea recurrente en el discurso. Por otra parte, respecto a la idea de ‘rebrotar’, observamos que ésta es de difícil comprensión por los escolares, dado que en otras actividades se ha confundido con ‘germinar’.

En la secuencia *Ls17* se **regula** la relación entre crecimiento de plantas y producción de alimento en las hojas a partir de una pregunta formulada por la docente.

En la secuencia *Ls18* hemos identificado **regulación**, ya que se regulan las decisiones tomadas por los escolares respecto al lugar dónde colocaron sus insectos respecto a la función relación.

Fragmento Ls18

D1.- por ejemplo **aquí me pusieron este insecto aquí || cómo es que este insecto sabe qué ahí hay alimento?**

No.- por sus instintos

Na.- por sus sentidos

Na.- **es la relación**

D1.- tenemos la **relación** | la **nutrición** y la **reproducción** || cómo es que este insecto sabe que ahí hay alimento

Na.- porque **ha captado los estímulos de que hay alimento**

D1.- con que lo ha captado

No.- con el olor

Na.- con la vista

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

Na.- con el olfato

Na.- o también con la vista

D1.- quiere decir que para poder explicar cómo ese insecto llegó ahí estamos explicando que se relaciona | así | tienen que usar todas estas ideas para que el texto quede bien justificado | si queda bien justificado es porque lo que sucede estará relacionado con estas tres cosas

D1.- bueno vamos a nuestros lugares

[los niños y niñas regresan a sus lugares]

Destacamos en el fragmento anterior que los escolares utilizan las palabras relación y estímulo. En las actividades anteriores encontramos lo que hemos llamado ‘descripción por omisión’ (actividad G ‘Simulación de un incendio’) en la que los escolares describían la función pero no le asignaban el nombre. Tampoco utilizaban la palabra estímulo, sino ‘información del medio’. Tanto la regulación de las decisiones tomadas como el uso del vocabulario se comentan a continuación.

Respecto a la regulación de la acción, encontramos que *la docente utiliza el registro histórico que queda presente en la maqueta* respecto a las acciones de los escolares para cuestionarles sobre sus decisiones y hacerles reflexionar sobre el modelo ser vivo. Ésto se evidencia cuando ella menciona “por ejemplo aquí me pusieron este insecto aquí” y al final de la secuencia “quiere decir que para poder explicar cómo ese insecto llegó ahí estamos explicando que se relaciona”. Esta es una forma de regulación de la acción en la que se plantea la *reflexión de la acción a la luz de las ideas básicas del modelo*. Podemos decir que *es una regulación global*, en el sentido de que la docente utiliza los dos aspectos: pensamiento y acción (donde han colocado el insecto se explica pensando en el modelo). Con ello pide a los escolares que los usen al redactar los textos justificativos que han de realizar al terminar la actividad: “*tienen que usar todas estas ideas para que el texto quede bien justificado, si queda bien justificado es porque lo que sucede (en la regeneración del bosque) estará relacionado con estas tres cosas (nutrición, relación y reproducción)*”.

Un aspecto importante para este proceso de regulación es la posibilidad de retomar lo que se ha hecho a través del registro histórico que proporciona la maqueta. Se puede hacer una analogía entre la maqueta y las redacciones que se les pide realizar a los escolares después de las actividades. En las redacciones los escolares escriben sus ideas, así la docente después retoma lo que ellos y ellas han escrito para generar un proceso de regulación. Igualmente con la maqueta quedan registradas las acciones de los escolares, las cuales la docente retoma para regular las decisiones y racionarlas con el modelo de forma explícita. Podemos considerar, de acuerdo a los resultados del análisis, que *regular las decisiones de los escolares implica una regulación integral*.

Respecto al uso del vocabulario podemos decir que en estos momentos los escolares han interiorizado el vocablo ‘estímulo’ y el de ‘relación’ apropiándose de la palabra para definir la función. La diferenciación de los conceptos es una forma de construcción del modelo. Según Driver, Guesne y Tiberghien (1989) los escolares tienen nociones que incluyen mayor cantidad de aspectos y son más globales que las de los científicos. Esto les lleva a la utilización de un vocabulario menos específico,

pudiendo usar la misma palabra sin realizar distinciones que sí se realizan en el lenguaje científico. La introducción de vocabulario científico no es por tanto una simple adquisición de nuevas palabras, sino que ha de representar una discriminación de nociones (Sutton, 1992). Por ello, no nos extraña que los escolares en esta unidad didáctica hayan tardado tanto tiempo en utilizar las palabras ‘relación’ y ‘estímulo’. Podemos considerar que estas palabras han ido adquiriendo significado a lo largo de las actividades. Hemos de comentar aquí, que previo a esta actividad se realizó la actividad K ‘Estímulo – respuesta’ donde se efectuaron diferentes experimentos de percepción y un ejercicio sobre lo que sucede dentro de un ave cuando hay un incendio. La actividad K estaba dirigida a profundizar en la función relación.

Por otra parte, nos llama también la atención la baja utilización de lenguaje científico en las secuencias analizadas. Consideramos que esto no quiere decir que las expresiones usadas no sean significativas, de hecho lo son como parte de la construcción del modelo, y son necesarias para dar lugar a las otras palabras y expresiones: las científicas. Nos parece que el lenguaje utilizado por los escolares y las docentes se encuentra en un plano menos formal, o más común de la clase, digamos el lenguaje ‘cotidiano de clase’, que no es tampoco el lenguaje cotidiano de la vida fuera del aula. Algunos ejemplos de este lenguaje cotidiano de clase, que es significativo pero no puede considerarse científico son:

D1.- ... una zona que está más quemada y otra menos quemada, aquí hay unos pocos de árboles...

Na.- que empezarían a salir plantas

No.- porque ya paso mucho tiempo y empiezan a salir

No.- si apenas había pocos árboles

D1.- y cuántos años hacia que se había quemado

No.- muchos

No.- si antes del incendio caen semillas al suelo | como en el pino que tiene muchas semillas y después pueden crecer

No.- pero necesitan agua para crecer

Na.- mira aquí había un árbol

No.- donde haya agujeros será más fácil

Na.- pero una cosa, pero podría haber una semilla aquí

No.- que las llavors petites pueden servir de aliment

Na.- las abejas no podrían aun volver, no hay flores

Na.- una marieta

Na.- la marieta puede volar

D1.- sí pero no tan alto

Na.- bueno

No.- empieza a comer un poquito

## 5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

Na.- pero nos faltan más insectos

Na.- que la herba habia crescut i vendrien més animals i també surtirien mes llavors

Estas líneas son sólo algunos ejemplos de expresiones, donde es posible dar idea del proceso de construcción que se realiza: se definen fenómenos de interés, sus condiciones, se compara, se establece una línea del tiempo e irreversibilidad, se hace alusión a diferentes seres vivos presentes en el bosque y las diferentes formas en que se podrían ver condicionados por lo que pasa a su alrededor, que a la vez condicionan, se hacen predicciones, se definen consecuencias. Se puede decir que *se va generando una **visión sistémica** a partir de hablar sobre la maqueta y lo que pasa después del incendio, aún sin utilizar expresiones científicas.*

### **5.5.3.2. Respecto a quién promueve la regulación**

Las secuencias de regulación promovida por las **docentes** son la *Ls3, Ls5, Ls12, Ls16* y *Ls17*.

En las secuencias *Ls3* y *Ls5* la idea que se regula se refiere a la procedencia de las semillas en el ‘banco de semillas’. Dado que los escolares no tenían presente dicha idea es la **docente** la que promueve la regulación de la toma de conciencia sobre la necesidad de identificar dicha procedencia.

En la secuencia *Ls12* la **docente** utiliza palabras que han sido reguladas con anterioridad. En la secuencia *Ls16* las **docentes** regulan la relación tiempo - crecimiento de los árboles. Los escolares a esta edad perciben los procesos de una forma inmediata, así para ellos el crecimiento de los árboles se puede dar en cuestión de meses. Las docentes hacen una aclaración sobre la idea ‘rebrotar’ que algunos escolares confunden con germinar.

En la secuencia *Ls17* la **docente** plantea la pregunta sobre ¿cómo algunos árboles pueden rebrotar si no tienen hojas para producir su alimento?, generando una reflexión en torno al tema.

Las secuencias donde la regulación se produce en **interacción** son la *Ls2, Ls11, Ls14* y *Ls18*. En la secuencia *Ls2* la **interacción** docente – alumnos genera la regulación de la idea de distribución de zonas quemadas como consecuencia de la distribución espacial de los tipos de árboles en la maqueta y sus características particulares de vulnerabilidad al incendio.

En la secuencia *Ls11* las aportaciones de la docente tanto como de los escolares generan la regulación de la idea sobre qué pueden comer las hormigas situadas en la maqueta.

En la secuencia *Ls14* donde se manipula la maqueta la regulación se realiza tanto por la docente como por los escolares, en este caso ellos expresan las constricciones sin la intervención de la docente, la participación de ella tienen que ver con complementar las ideas de los escolares.

Fragmento Ls14

Na.- *la marieta* puede volar?

D1.- sí pero no tan alto

Na.- bueno

No.- empieza a comer un poquito

No.- lo pongo aquí porque encontrará mucho

En la secuencia *Ls18* la docente plantea las tres funciones del modelo y se regula la acción, los escolares hablan sobre la función relación, así la regulación se realiza en ***interacción***.

La secuencia donde la regulación la promueven los ***alumnos/as*** es la *Ls7*. En este caso se trata de una *auto-regulación* de la acción por parte de una escolar. Se puede observar en el momento que la niña menciona: “*pero una cosa, pero podría haber una semilla aquí*”.

### **5.5.3.3. Síntesis de la regulación: la regulación global**

Tomando en cuenta lo anterior construimos el esquema 5-16. En éste presentamos las interpretaciones realizadas respecto a la regulación y transformación del lenguaje en recuadros tipo ‘llamada’ con línea punteada y con fondo verde claro. Tomando en cuenta lo anterior, en síntesis respecto a la regulación en la actividad L, podemos sintetizar lo siguiente:

1. Constatamos **cuatro aspectos de regulación**: regulación del lenguaje, regulación de las ideas, regulación de la acción y regulación integral.

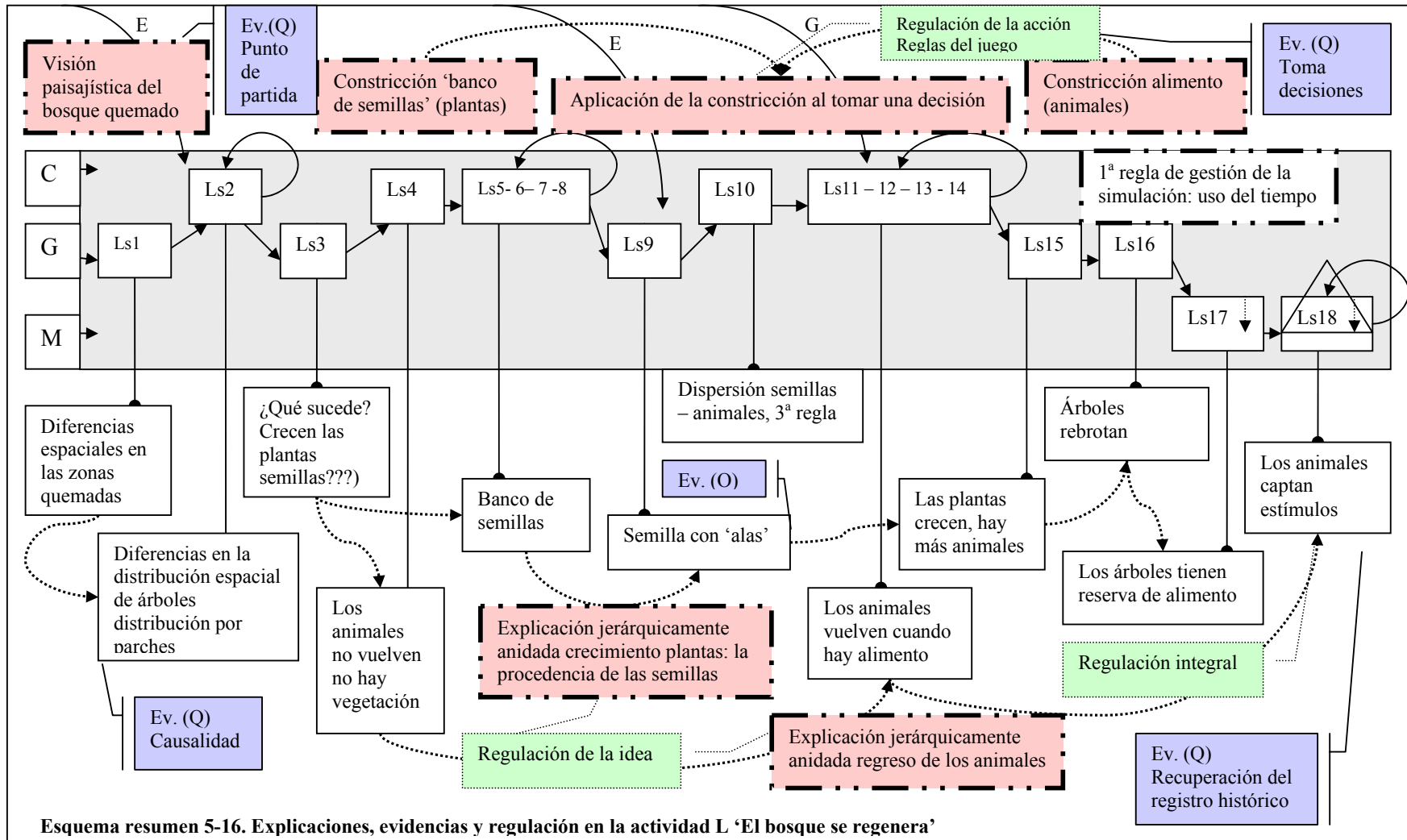
#### 1.1. En cuanto a la **regulación del lenguaje**:

1.1.1. Observamos que los escolares han interiorizado las palabras ‘relación’ y ‘estímulo’, usándolas de forma adecuada. No se trata de una memorización sino que al parecer estas palabras han adquirido significado para los escolares.

1.1.2. Por otra parte, observamos que **se va generando una visión sistémica** a partir de hablar sobre la maqueta y lo que pasa después del incendio, **aún sin utilizar expresiones científicas**, dado que las expresiones en ‘lenguaje de la clase’ son significativas dentro de la construcción de significados en el modelo ‘ser vivo’.

5. Análisis interpretativo de la actividad L ‘El bosque se regenera’

- 1.2. La **regulación de la acción** se presenta durante la manipulación de la maqueta **en la toma de decisiones vinculada a las constricciones del modelo ser vivo**. Encontramos la **auto-regulación** de los escolares.
- 1.3. Identificamos la **regulación de dos ideas**:
  - 1.3.1. La idea de la **posible procedencia de las semillas** a partir de las cuales germinan las plantas que ‘empiezan a crecer’ en la maqueta. Esta regulación se extiende a todo lo largo de la actividad L.
  - 1.3.2. La idea de **regreso de los animales condicionada a la disponibilidad de recursos para su alimentación**.
- 1.4. La **regulación global** se presenta en la sección final de la actividad donde, gracias a la **posibilidad de recuperar la historia de las acciones** de los escolares en la maqueta, se integra lo que se hizo, lo que se piensa y lo que se ha de escribir respecto a la regeneración del bosque después de un incendio y con base en las ideas del modelo ser vivo. Consideramos que **la regulación de la toma de decisiones implica una regulación integral**.



## 5.6. Actividad M ‘Dos parcelas’

Esta fue la última actividad de manipulación de la maqueta realizada en la unidad didáctica 3. En ella se divide la maqueta en dos parcelas, en una se imagina que no ha llovido en un año y en la otra se considera que las condiciones son de lluvias moderadas. En función a estas situaciones se discute lo que puede ocurrir con los seres vivos en ellas, se comparan las condiciones de las parcelas y los escolares manipulan la maqueta y efectúan los cambios pertinentes (fotografía 5-5).



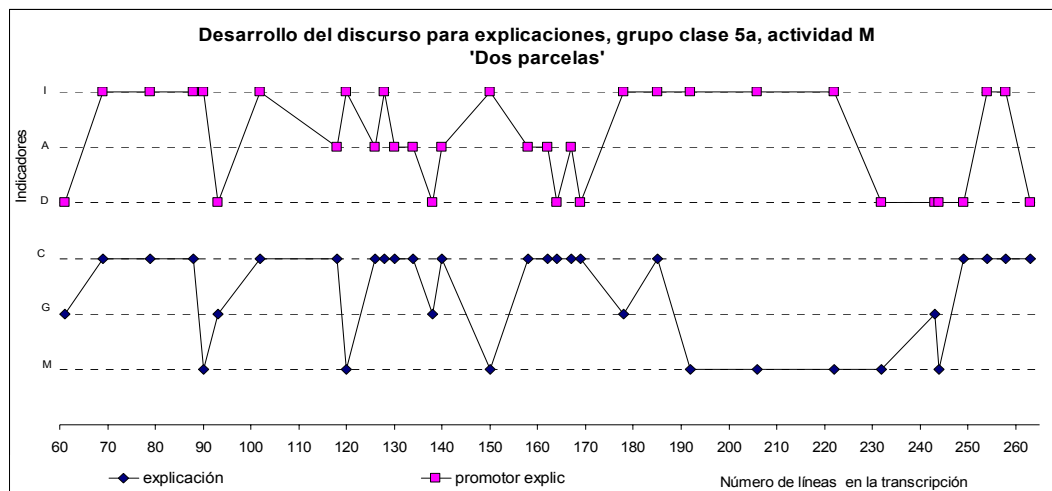
Fotografía 5-5 Aspecto de la maqueta tras la simulación de dos parcelas, la sección izquierda es zona con lluvias moderadas, la sección derecha zona de sequía.

### 5.6.1. Análisis de las explicaciones

Partiendo de los resultados del segundo nivel de análisis en esta actividad M, dividimos la conversación en 41 secuencias discursivas. De las 41 secuencias las primeras 8 corresponden a la regulación del ejercicio de redacción que realizaron los escolares tras la actividad anterior L ‘El bosque se regenera’.

Partiendo de los resultados de la segunda etapa del análisis construimos la gráfica 5-13 en el eje de las ordenadas presentamos: **mecanismos** (M), **generalizaciones** (G), **constricciones** (C), **docente** (D), **alumno/a** (A), **interacción** (I), en el eje de las abscisas se observa el número de línea en la transcripción. En la gráfica hemos representado las secuencias discursivas a partir de la Ms9 a la Ms41, que son las que corresponden a la simulación en la maqueta.





**Gráfica 5-13. Desarrollo del discurso para las explicaciones y quién la promueve en la actividad M 'Dos parcelas'.**

### 5.6.1.1. Las explicaciones

Si bien realizamos un análisis detallado de las secuencias discursivas a partir de la secuencia *Ms9*, debido a que se inicia la simulación de las dos parcelas en la maqueta, presentamos a continuación una descripción general de las secuencias *Ms1* a *Ms8* para ubicar las interacciones que se dieron antes de iniciar la simulación.

De manera general podemos decir que las primeras ocho secuencias versan sobre la revisión de una redacción sobre la regeneración de bosque tras un incendio realizado por los escolares una sesión antes.

Las secuencias *Ms1* y *Ms2* las identificamos de **generalización** se relacionan con la idea de banco de semillas. En ellas se regulan dos aspectos: la necesidad de semillas enterradas para que puedan crecer las plantas y la diversidad de tipos de semillas (no únicamente de los pinos o las encinas como los escolares han escrito en las redacciones).

**Generalización.-** Identificación del patrón del fenómeno. Situada en el nivel organismo.

- **Gen. por condensación.-** frase sumaria de varias observaciones.
- **Gen. por simplificación.-** Identificación de la esencia del fenómeno.
- **Gen. por unificación.-** Emparejamiento de dominios

**Mecanismo.-** Mirada al nivel inferior de organización. Explica causalmente el patrón del fenómeno

**Constricción.-** Mirada al nivel superior de organización. Explica causalmente las limitantes del fenómeno.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad M ‘Dos parcelas’

En la secuencia *Ms3* se habla del ‘banco de semillas’ como constricción. Posteriormente se presentan cinco secuencias (de la *Ms4* a la *Ms8*) en las que se retoman explicaciones que los escolares han colocado en el texto y que tienen que ver con las funciones relación, reproducción y nutrición. En ellas la docente las considera ideas claves para la revisión que los estudiantes deben hacer de sus textos sobre lo que sucede a los seres vivos cuando el bosque se regenera.

En la secuencia *Ms9* se inicia la simulación. En esta secuencia que identificamos como de **generalización tipo condensación**, se describe cómo sería el aspecto del bosque en función a los seres vivos presentes y la variable tiempo. La generalización tipo condensación enunciada se refiere al crecimiento de los árboles y arbustos y al regreso de los animales después de un incendio. Esta condensación fue parte de dos *explicaciones jerárquicamente anidadas* realizadas en la actividad anterior L ‘El bosque se regenera’. Por ello podemos decir que *esta condensación tiene un significado en el modelo ser vivo para los escolares, que ha sido construido con antelación*. Como puede observarse en el fragmento siguiente en esta secuencia *se establece un punto de partida* ubicado cinco años después del incendio.

### Fragmento Ms9

D1.- ya habían pasado aquí seis meses | recuerdan?

Ns.- sí

D1.- pero para que vuelva a estar como antes del incendio tendrían que pasar muchos muchos meses más

No.- = = años

Na.- cincuenta y cinco

D1.- los investigadores dicen que entre treinta y cincuenta años || nosotros ahora vamos a pensar que han pasado cinco años || además vamos a ver **cómo podría ser si en nuestra maqueta y en el bosque además de que pasaron cinco años y los árboles y arbustos han crecido y hay más animales** |

Punto de partida para el grupo clase
--------------------------------------

En la secuencia *Ms10* identificamos un *movimiento escalar* hacia **constricciones**. En ésta se divide la maqueta a la mitad definiendo dos condiciones ambientales diferentes (una parcela con lluvias moderadas y una parcela donde no ha llovido en un año). Como podemos observar en el fragmento los escolares definen las posibles condiciones esperadas, comparándolas y hablando de su influencia sobre los seres vivos, empezando a generar constricciones desde el modelo ser vivo.

### Fragmento Ms10

D1.- **vamos a hacer una división** | por || aquí [la maestra coloca una regla grande (metro), y divide la maqueta en dos secciones] || vamos a pensar que **en esta parte del bosque tiene un año que no llueve porque hay una sequía muy fuerte** | y en esta otra parte ha llovido y

No.- = = **eso no puede ser**

D1.- **imaginemos que están separadas** | **que son lugares diferentes**

No.- ah bueno

D1.- qué pasaría? | todos pensando

Na.- **hi hauria més arbres i més fulles per l'aigua que ha caigut** | però en l'altre no n'hi hauria estaria més sec

D1.- traten de no repetir lo que ya dijeron sus compañeros | por ejemplo Josy ya nos dijo que aquí habría humedad

2a regla de gestión de la simulación
--------------------------------------

Destacamos dos aspectos: Primero, *la maqueta se utiliza como un intermediario entre un fenómeno de compleja representación y las ideas de partida de los escolares*. Para ello se han generado tres reglas del juego para modelizar, las cuales regulan lo que pueden pasar o no en la maqueta. El fragmento nos indica que los escolares han asumido la simulación y estas reglas participando activamente. Nos llama la atención el comentario de un niño (“eso no puede ser”) que retoma las reglas establecidas para hacer una objeción al planteamiento de la profesora de dividir en dos la maqueta y pensar que en cada parcela se presentan condiciones meteorológicas diferentes. En un marco de congruencia con el modelo que se construye y bajo la visión escalar en la que se consideran las constricciones como elemento importante de la explicación, el niño tiene razón en su llamado de atención.

Observamos que la comparación simultánea de dos situaciones ambientales posibles en las que las constricciones son diferentes y la reflexión en torno a cómo pueden verse afectados los seres vivos genera una *2ª regla de gestión de la simulación*. Esta podría enunciarse como: podemos cambiar las condiciones ambientales para hacer comparaciones sobre lo que sucedería a los seres vivos. Esto da *flexibilidad de la simulación* para generar situaciones didácticamente ricas.

El segundo aspecto a resaltar es que los escolares enuncian la constricción haciendo una comparación entre las dos condiciones planteadas, pero al mismo tiempo, consideran dos graduaciones en sus observaciones. Cuando una niña menciona: “hi hauria més arbres i més fulles per l’aigua que ha caigut, però en l’altre no n’hi hauria estaria més sec” (habría más árboles y más hojas por el agua que ha caído, pero en la otra no habría estaría más seco). Ella plantea una graduación global (habría más árboles) y otra particular (más hojas). Podemos decir que *la doble visión de la maqueta que manifiestan los escolares ayuda a generar una visión sistémica, dado que se asocian diferentes gradaciones en la percepción del bosque*.

En las secuencias *Ms11* y *Ms12* que identificamos de tipo **constricción** la docente cuestiona a los escolares para que sean más explícitos en sus argumentaciones y para que las realicen desde el modelo de ser vivo. Con ello se produce una *especificación de la constricción respecto al agua y los minerales* y se precisa la ubicación espacial de los minerales.

#### Fragmento Ms11

Na.- **que si sólo le diera el sol y no hubiera agua las plantas se secarían | y en la otra se ahogarían por que habría mucha agua**

D1.- nos **faltan otros porqués** | por ejemplo por qué se morirían en una parte

No.- = = porque se secan

D1.- = = o por qué podrían vivir

5. Análisis interpretativo de la actividad M ‘Dos parcelas’

Na.- que donde no ha llovido | las plantas se mueren porque se secan y **porque no tendrían agua para vivir | y en la otra**

D1.- = **traten de utilizar las ideas que hemos aprendido**

Na.- **que no tendrían minerales que les hace falta ni agua** para vivir

Fragmento Ms12

D1.- por qué habría **minerales**

Na.- ya **están en la tierra**

Necesidad de agua y minerales para las plantas

En la secuencia *Ms13* identificamos un *movimiento escalar* hacia los **mecanismos** en la cual se relacionan la necesidad de agua y minerales para las plantas y la producción de alimento por las mismas. Dicho movimiento se da a raíz de una *pregunta directa* de la docente *para establecer la relación entre el agua y los minerales*. Los escolares contestan llevando su mirada al nivel de mecanismos.

Fragmento Ms13

D1.- **cuál es la relación entre el agua y los minerales?**

Na.- **que sin agua no podrían hacer su alimento**

Na.- **y los minerales también los necesitan para hacer su alimento y los absorben con el agua**

Agua y minerales para la producción de alimento en plantas

Así mismo la docente elabora una *pregunta directa* para pedir a los escolares que expliciten la relación entre dos variables que han relacionado causalmente pero sin *argumentar dicha causalidad*. Con este tipo de preguntas se incita a los escolares a explicar qué es lo que quieren decir y porqué lo dicen, siendo una estrategia utilizada constantemente por las docentes.

En la secuencia *Ms14* se produce un *movimiento escalar* hacia **generalización tipo simplificación**. Se identifica que los minerales son sólidos y se absorben por las raíces de las plantas. Como vemos en el fragmento, este movimiento se produce nuevamente ante una *pregunta directa* de la docente.

Fragmento Ms14

D2.- **el minerals què son líquids o sòlids?**

No.- **sòlids**

D2.- però amb una canya | **les arreles el que fan és xuclar com una canya**<sup>1</sup> |

D2.- a veure vosaltres heu intentat veure amb una canya | veritat que sí?

Ns.- sí

D2.- **i podríeu veure sòlids amb una canya?**

<sup>1</sup> Paralelamente al desarrollo de esta actividad los escolares de educación infantil realizaban una experiencia en la que se les proponía intentar succionar sólidos sin agua a través de una pajita. La docente se sirvió de dicho experimento para ayudar a los escolares en este momento para reflexionar sobre la relación que se discute.

No.- sí  
 D2.- **podríeu en trossos?**  
 Na.- **ah no no**

Condición de los minerales
----------------------------

En la secuencia *Ms15* se produce un *movimiento escalar* hacia **mecanismos**. Se establece la relación entre el agua y los minerales a través de la disolución, lo cual permite que los minerales sean absorbidos por las raíces. *Se integra el modelo de partículas en la explicación.*

Fragmento Ms15

D2.- entonces **que ha de fer l'aigua?**

Na.- **dissoldre'ls**

No.- **separar-los**

D2.- separar qué | les **partícules** | per tant **fer-los més petits** | que **puguin anar pels tubets de les plantes si?**

Ns.- sí

D2.- arribaran per les tiges a les fulles | si els trenca en trossets més petits? | **partícules** cada vegada més petites i petites | i **aleshores podria arribar a dalt?**

Ns.- sí

D2.- **pero si ho fem en sec? | en sec no podria veritat?**

Ns.- no

Disolución de minerales, se integra el modelo de partículas en la explicación (MP)
------------------------------------------------------------------------------------

Como podemos observar se integra un modelo distinto al de ser vivo para construir la explicación. El hecho de integrar modelos, incluso de paradigmas, es algo que se recoge desde la ecología (Pickett, Kolasa y Jones, 1994, Terradas, 2001). También en el campo de la enseñanza de las ciencias autores como Bonil, 2003 proponen la necesidad de integrar modelos en el aula para abordar la solución de problemas relevantes socialmente. Si bien en la secuencia *Ms15* se da la integración de otro modelo esto es algo que no hemos detectado en el análisis de otras actividades anteriores. Probablemente la edad de los escolares y los modelos que tienen desarrollados no permite realizar dicha integración. La integración de modelos provenientes de otras disciplinas en las explicaciones puede darse cuando los escolares ya los han construido; algo que es importante desde la ciencia escolar dado que en la propuesta de la ciencia escolar el objetivo es construir un modelo a la vez (Izquierdo *et al.* 1999).

En la secuencia *Ms16* identificamos un *movimiento escalar* hacia **constricciones** debido a la observación de un escolar respecto a la idea de que los animales no tendrían alimento en la parcela donde no ha llovido. El niño retoma la idea de una explicación jerárquicamente anidada construida en la actividad anterior L 'El bosque se regenera' en la que se explicaba el retorno de los animales a un bosque después del incendio cuando había disponible alimento para ellos.

5. Analisis interpretativo de la actividad M ‘Dos parcelas’

Fragmento Ms16

No.- **que no hi hauria insectes i animals perquè no tindrien aliment**

D1.- bien

Los animales no tienen comida

En la secuencia *Ms17* identificamos un *movimiento escalar* hacia **mecanismos** que se da por la intervención de un niño respecto a que *los animales pueden captar estímulos*. Observamos que la docente ejemplifica la captación de estímulos y la relaciona con la función de reproducción. Puede ser que el niño haya realizado el comentario de captación de estímulos relacionándolo con la posibilidad de percibir alimento, siguiendo el hilo de la conversación pero también reproduciendo la explicación jerárquicamente anidada que fue generada al final de la actividad L ‘El bosque se regenera’, en la que se explicaba el regreso de los animales al bosque cuando había alimento cuya presencia era captada a través de estímulos. Pero la docente dirige la posibilidad de captar estímulos, hacia la búsqueda de pareja para la reproducción. Ella probablemente se apoya en el hecho que los escolares en este momento ya establecen vínculos entre la función de relación y la búsqueda de alimento, pero no con la búsqueda de pareja, con lo que la docente intenta que *se aplique la función relación con otros hechos del mundo*.

Fragmento Ms17

No.- que també els animals captarien **estímul**s

D2.- capten estímuls com de què hi ha una parella veritat | aiii aquí hi ha una mosqueta molt maca || o no? || aii que m’agrada aquesta mosqueta | i capta l’ estímulo de com és | de quina forma és i el seu **cervell** li diu és guapa ehh | o no?

No.- sí

Los animales captan estímulos: alimento, pareja

En la secuencia *Ms18* identificamos un *movimiento escalar* hacia **constricciones**. La *pregunta directa* de la docente sobre la posible reacción a los estímulos captados, como podemos observar en el fragmento, hace que un niño *responda en relación con la reproducción y en términos de continuidad de la población*.

Fragmento Ms18

D1.- y cuál puede ser la **reacción**?

No.- buscar la parella | i **que si té una parella de l’espècie no s’acaba**

Na.- lo mismo de Pablo

Buscan pareja, respuesta ante una presenta una pregunta,

En la secuencia *Ms19* tipo **constricción** ante la intervención de la docente sobre qué más podrían buscar los animales, una niña retoma la idea de disponibilidad de alimento como una constricción.

Fragmento Ms19

D2.- penseu en els animals que més podrien anar a buscar i trobar o no

Na.- menjar

Los animales buscan comida

Observamos que tanto en las secuencias *Ms18* como en la *Ms19* los escolares *aplican en la argumentación dos de las constricciones que se han construido* y que se relacionan con el modelo de ser vivo: la pareja para la reproducción y el alimento para la nutrición.

Al retomar el contenido de las secuencias *Ms16*, *Ms17*, *Ms18* y *Ms19* observamos que *se utilizan las tres funciones del modelo de forma relacionada y continua*. Esto nos puede indicar que algunos escolares se han apropiado, al menos de manera global, de las ideas principales del modelo ser vivo para situar la discusión en torno a lo que puede suceder a los seres vivos cuando las condiciones del medio cambian. Se están utilizando en la argumentación *las tres funciones así como diferentes niveles de observación escalar lo cual es una forma de integrar la complejidad en las explicaciones*

En la secuencia *Ms20*, que identificamos de tipo **constricción**, se comparan las posibles consecuencias para los seres vivos de las condiciones en las dos parcelas, y a partir de ello, *se genera una visión paisajística* (“sería una zona como de desierto”).

Fragmento Ms20

D2.- i què passa en un lloc i què passa en l'altre?

Na.- **que aquí estaría seco y aquí no**

D2.- i per tant

Na.- **que en la zona de sol se irían todos los animales y sería una zona como de desierto**

Sería como un desierto

En la secuencia *Ms21*, que identificamos de tipo **constricción**, un escolar relaciona las zonas secas y la frecuencia e intensidad de los incendios forestales y aporta la idea de *retroalimentación positiva*.

Fragmento Ms21

No.- no hay plantas porque todas las plantas están secas || y en la parte de lluvia si hay un incendio no sería tan fuerte

D1.- esta idea es interesante | quizás es más fácil que haya otro incendio en esta zona que está más seca | no?

Más seco, más incendios

En la secuencia *Ms22* identificamos un *movimiento escalar* hacia **generalización tipo condensación** al mencionar la docente enuncia las tres funciones del modelo.

Fragmento Ms22

D2.- aquí ja ha sortit lo de la **nutrició** i la **reproducció** | no ha sortit lo dels **estimuls** | ...

Se enuncian las tres funciones

## 5. Análisis interpretativo de la actividad M ‘Dos parcelas’

En la secuencia *Ms23* identificamos un *movimiento escalar* hacia **constricciones**. Las docentes solicitan a los escolares que apliquen las tres funciones a ejemplos específicos y en relación con las dos parcelas de la maqueta. Esta puede considerarse como una *pregunta indirecta*. En el fragmento siguiente podemos observar que los escolares enuncian la constricción y ejemplifican el ave al que se refieren, pero no establecen ninguna relación nueva, regresando a la constricción general de que *no habría agua y las plantas se secarían*.

### Fragmento Ms23

D2.- **poseu un exemple**

D1.- hablen de ciertos animales

D2.- una mosca | una papallona | què farien?

No.- els ocells/

D1.- *ocells* no | uno

No.- **que un iria a aquí**

D2.- primer aniria aquí i què passaria

D1.- **aquí no ha llovido en un año**

D2.- i què passaria?

No.- **que no hi hauria aigua ni res i que les plantes es secarien**

No hay agua, las plantas se secarían

En la secuencia *Ms24* se produce un *movimiento escalar a mecanismos*. Una *pregunta indirecta* de la docente, con un formato ya identificado en otras actividades (“però com ho sap?”) al referirse a ¿cómo sabe el ave que no hay agua? posibilitando establecer relaciones entre las ideas de los escolares y las del modelo. *Los escolares identifican el formato de la pregunta y dirigen su mirada a los mecanismos*.

### Fragmento Ms24

D2.- això ja ha sortit | però amb l’ocell què passaria?

No.- llavors els ocells sabrien que no hi hauria aigua?

D2.- però com ho sap?

No.- capta els **estímuls** de que no hi hauria aigua?

D2.- amb què ho capta?

No.- amb la vista

D2.- i qui li fa conscient?

No.- el **cervell**

Las aves captan estímulos y los procesan

También podemos observar que además de identificar *los órganos de captación de estímulos los escolares incluyen el cerebro como el que traduce la información en significativa para el ave* (el que “li fa conscient”, el que lo hace conciente). Aunque los escolares aún requieren la ayuda de la docente con preguntas para que incorporen el cerebro, se puede decir que se ha producido *una ampliación de su modelo* en la función relación, al incorporarlo, así como su función.

En la secuencia *Ms25* identificamos un *movimiento escalar* hacia **constricciones**. Un niño relaciona la respuesta de *desplazamiento del ave con la búsqueda de agua*.



Fragmento Ms25

D2.- i què li diu el cervell?

No.- que vagi a un altre lloc on hi ha aigua

D2.- aquí no tens sort chaval! | sí o no?

No.- sí

Las aves se van a otro lugar con agua

La visión conjunta de las tres secuencias anteriores *Ms23*, *Ms24* y *Ms25* presenta un ciclo *constricción – mecanismo – constricción*, en el que partiendo de las condiciones ambientales de las parcelas se genera un ejemplo específico de aplicación. Podemos observar como *la docente enfatiza los mecanismos, mientras los escolares lo hacen en las constricciones, generándose una conversación dinámica y compleja* tomando en consideración diversidad de condiciones y varios movimientos escalares. La manipulación de la maqueta favorece este comportamiento, en el cual *los escolares no se ven condicionados por el nivel de observación impulsado por la maestra*. Esto puede ser producto del proceso de construcción y manipulación que los escolares han realizado, reconociendo los elementos que conforman el bosque y las relaciones que entre ellos se establecen, lo cual les permite visualizar y comparar las condiciones de las parcelas para generar la *constricción*.

En las siguientes tres secuencias *Ms26*, *Ms27* y *Ms28*, de tipo *constricción*, se comenta la relación entre las posibilidades de desplazamiento de algunas especies y las condiciones de las parcelas, específicamente compactación del suelo y presencia de agua por lluvia. La docente establece una relación entre la compactación del suelo y el desplazamiento de los gusanos aportados por una niña y la función de reproducción.

Fragmento Ms26

Na.- que un cuc de terra va per sota i on hi ha aigua podria anar-hi perquè està humida i on està seca no podria

Fragmento Ms27

D1.- los gusanos de tierra muchas veces **hacen su nido para reproducirse** en un pequeño hoyo y si no lo puede hacer no se podría reproducir | verdad?

Na.- no

Fragmento Ms28

Na.- també si hagués animals al sol es moririen i en l'altre també que **si plou es mullaran les ales i no podran volar** | i en la tempesta

Desplazamiento de animales y condiciones de humedad

En la secuencia *Ms29* identificada de tipo *constricción* se aclaran las *condiciones ambientales de una de las parcelas*, a raíz de una intervención de un alumno que menciona que en la parcela de lluvias moderadas se presentarían tormentas. El escolar asume la observación pero *introduce una variable nueva: la temperatura*.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad M ‘Dos parcelas’

### Fragmento Ms29

D1.- bueno **no es una tormenta es una lluvia normal**

D2.- a ver Abraham no era una inundació ni eren unes pluges torrencials | en aquest lloc d'aquí pluges normals i en aquesta d'aquí res de pluja | m'entendeu?

No.- **faria més fred**

Condiciones de las parcelas

En la secuencia *Ms30* identificamos un *movimiento escalar* hacia **generalización**. La docente incorpora la nueva variable al ejemplo específico del que se hablaba con antelación. Se identifica nuevamente *el uso de ejemplos que tienen la finalidad de multiplicar las experiencias que permitan conectar el conocimiento en su forma abstracta con las experiencias* apoyando el generar los ‘hechos científicos’.

La interacción en esta secuencia toma una forma interesante ya que, como podemos ver en el fragmento siguiente, las preguntas no son directas, de tal manera que hay una complicidad entre docentes y escolares que genera un juego de intercambios, en el que se evidencia nuevamente que *los escolares no están restringidos por las observaciones de las docentes*.

### Fragmento Ms30

D2.- **i què els ocells tenen plumes**

No.- **però a les formigues els hi afectaria**

D2.- **n'hi hauria menys a la banda del sol o a la banda de la pluja?**

No.- **de la pluja**

D2.- a veure pensem en les formigues | tots som formigues | tanquem els ulls | què passaria en un bosc que està sec | que la terra està dura |

D2.- i que per tant | **les formigues què fem a l'estiu**

No.- **buscar menjar**

Las hormigas buscan comida en el verano

Como observamos en el fragmento, la conversación se sitúa en la influencia de la nueva variable sobre los seres vivos: la temperatura. Por otra parte, se diferencia entre la forma en que diversos grupos de organismos, como hormigas y aves, se ven afectados por dicha variable. Nuevamente se pone de manifiesto el que *los escolares han adquirido un manejo de los elementos colocados en la maqueta*, es decir de algunos de los seres vivos que viven en el bosque. Esto les permite hacer comparaciones no sólo entre las diferentes condiciones de las parcelas, sino sobre cómo éstos se ven afectados. Esto apoya la hipótesis de que *la maqueta permite mediar entre las ideas de partida de los escolares y un fenómeno de difícil representación; específicamente la maqueta permite mediar entre las ideas de los escolares y la complejidad de condiciones posibles en el bosque y de interacciones posibles con la diversidad de seres vivos presente*.

En la secuencia *Ms31* identificamos un *movimiento escalar* hacia **constricciones** al comparar las condiciones de las dos parcelas y las consecuencias sobre los seres vivos que se ejemplifican - las hormigas - en relación con el recurso alimento. Como podemos observar en el fragmento, la escolar presenta una solución a la falta de

recursos para la alimentación de las hormigas en la parcela seca: “que les formigues se n’anirien cap al altre costat per trobar aliment” (que las hormigas se vayan al otro lado para encontrar alimento”, refiriéndose a la otra parcela de la maqueta). La solución es muy sencilla y refleja la comprensión de la escolar de la constricción relacionada con la disponibilidad de recursos para la alimentación en una parcela y en la otra.

Fragmento Ms31

D2.- en aquesta part del bosc que **està tot sec | hi ha molt menjar per mi?**

Ns.- **no**

Na.- esta todo seco

No.- hay sol

D2.- però el sol està a les dues parts | per tant

D1.- a ver qué ideas hay | piensen

Na.- **que les formigues se n’anirien cap al altre costat per trobar aliment**

D1.- **a dónde | acá? |**

Las hormigas no tienen alimento
---------------------------------

En la secuencia *Ms32* identificamos un *movimiento escalar* hacia **mecanismos** debido a una *pregunta directa* de la docente: “¿qué pasa con las hormigas si no tienen alimento?” Al igual que en otros momentos analizados, los escolares responden con una respuesta simple: “se mueren”.

Se puede decir que en esta respuesta no dirigen su mirada a los mecanismos. La docente replantea la pregunta para lograr que los escolares dirijan la mirada a los mecanismos explicativos de la muerte de las hormigas en la parcela donde no hay alimento (“¿y por qué se muere una hormiga sin alimento?”). Las respuestas de los alumnos empiezan a moverse de nivel de observación, sin lograr ubicarse completamente en los mecanismos. La maestra vuelve a insistir: “pensemos, esa no es la razón, ¿por qué se muere una hormiga si no come?”. *El formato y el contexto de la pregunta sigue siendo muy similar a las planteadas con antelación, y la docente no obtiene el cambio de visión escalar.* Opta entonces por *cambiar el contexto de la pregunta* a uno más cercano a los escolares, ellos mismos, de tal manera que logra que se ubiquen en una escala de organización inferior, es decir, logra que miren ‘hacia dentro’ de ellos mismos con la pregunta: “¿nosotros por qué nos morimos si no tenemos alimento?” En esta se manifiesta que *las docentes recurren a diversas estrategias para llevar la mirada a los mecanismos, ya que los escolares no lo hacen de manera espontánea.*

Fragmento Ms32

D1.- **qué pasa con las hormigas si no tienen alimento?**

Ns.- se mueren

D1.- **y por qué se muere una hormiga sin alimento?**

No.- porque **pasa hambre**

No.- la **sangre**

No.- y **se seca**

D1.- pensemos | esa no es la razón | **por qué se muere una hormiga si no come?**

No.- **porque no tiene alimento**

5. Analisis interpretativo de la actividad M ‘Dos parcelas’

D1.- si no tiene alimento no come | **nosotros por qué nos morimos si no tenemos alimento?**

Na.- porque **sacamos nuestras reservas de comida** | y el alimento que hemos desecho en **nuestro estomago se va por toda la sangre y si no tenemos alimento no va por la sangre | va al corazón**

D1.- la sangre a dónde lleva el alimento | a qué parte de nuestro cuerpo?

Na.- a todo

Na.- a todas las venas

La pregunta inicial de la docente “¿qué pasa con las hormigas si no tienen alimento?” no ejercía en el contexto una función mediadora (Márquez, *et al.* 2004) dado que no permitía conectar las experiencias de los escolares con los modelos que hasta el momento han construido, y producir una explicación teórica. La pregunta “¿nosotros por qué nos morimos si no tenemos alimento?”, por otra parte, permite establecer dicha relación, y puede ser considerada una pregunta mediadora.

En las secuencias *Ms33*, *Ms34* y *Ms35* identificadas de tipo *mecanismo*, se ahonda en el mecanismo explicativo relacionado con la nutrición. Como observamos en los fragmentos siguientes se introduce la idea de que los alimentos proporcionan energía que permiten realizar actividades y también proporcionan materiales para crecer y reproducirse. La docente introduce vocabulario científico.

Fragmento Ms33

D1.- y por qué necesita todo nuestro cuerpo alimento?

...

Na.- porque ens acabem totes les reserves

D1.- ya lo dijo Marisol | y luego?

Na.- **el cos quedaria dèbil i no podria fer cap activitat cap exercici**

D1.- por qué? | qué nos dan los alimntos?

Na.- **nutrients**

Na.- **fuerza**

D1.- esa fuerza para hacer las cosas cómo se llama?

No.- **energía**

D2.- **els nutrients per una banda i per la altra l’energia**

Fragmento Ms34

No.- **les sals minerals**

D1.- y los nutrientes para que se usan?

...

D1.- esto es muy importante | cuando nos alimentamos usamos todo ese alimento que va por nuestro cuerpo para tener energía para hacer actividades | y **lo otro** | **es muy importante también** | y **para ustedes que están pequeñitos más todavía**

Na.- **para crecer!**

D1.- para cercer!

Na.- **reproducirse**

Fragmento Ms35

Se mueren porqué los alimentos proporcionan energía y materiales
------------------------------------------------------------------

...

D2.- ... el que mengen no hi és perquè tenim gana | ni per tenir content al nostre estómac | recordeu que la Tania sempre ens diu que nosaltres a la classe de ciències hem de dir respostes científiques | penseu **que les proteïnes els lípids | en ajuden a dues coses | a créixer i a vosaltres sobretot i a nosaltres que no creixem i a vosaltres també a renovar parts del nostre cos | que no ens duren tota la vida | i el nostre cos les va regenerant i les van canviant | és com si tinguéssim una habitació i en certes hores canvien els mobles vells | el nostre cos va canviant les coses | per tant els necessitem per dues coses | per créixer i per renovar els cèl·lules mortes**

D2.- i per tenir energia | si no mengéssim res | no podrien ni aixecar-nos de la cadira | **inclús quan dormim gastem energia | fixe-u-vos que la gent que està malalta i que està al llit en un hospital | també li donen menjar | a vegades per un tub**

No.- el suero

En la secuencia *Ms36* identificamos un *movimiento escalar* hacia **generalización tipo unificación**. La docente unifica dominios partiendo de la explicación sobre el alimento como fuente de materiales y energía que se ha realizado para personas incluyendo a todos los animales en particular y a los insectos en especial. *La unificación genera un nuevo significado* en el que se transfiere el mecanismo de un contexto cercano a los escolares, ellos mismos, a uno más amplio, los animales.

Fragmento Ms36

D2.- això ho heu de tenir present | **en els animals i les formigues | si no tinguéssin aliment no podrien fer res | ni créixer |**

Unificación animales
----------------------

En la secuencia *Ms37* que identificamos de tipo **mecanismo** la docente integra la función relación a la explicación como recepción de un estímulo (“tenir gana”, tener hambre). Lo hace tanto para el ejemplo de las hormigas como para el de las personas (los escolares). Esta integración retoma una idea que ha surgido previamente en los escolares, que expresaban que los animales comen porque tienen hambre.

Fragmento Ms37

D2.- **tenir gana si és un estímul | tant per les formigues com a nosaltres** | perquè quan no mengem | veritat que sí que tenim gana?

Ns.- sí

D2.- okey?

Ns.- sí

Estímulo hambre
-----------------

*Se genera así una explicación jerárquicamente anidada y compleja respecto a que los animales – hormigas- en un bosque donde no ha llovido morirían por falta de alimento.* Retomando las secuencias *Ms30* a la *Ms37* observamos que se integran las funciones nutrición y relación de modelo ‘ser vivo’. La consideramos jerárquicamente anidada ya que incluye diferentes niveles escalares: una **generalización tipo simplificación** *Ms30* y una **generalización tipo unificación** *Ms36* que permite ampliar la explicación a todos los animales haciéndola más general y abstracta. La definición de **constricciones** *Ms31* y los **mecanismos** explicativos *Ms32*, *Ms33*, *Ms34*, *Ms3*, *Ms3*. La consideramos compleja ya que se toman en consideración dos funciones del modelo: nutrición y relación.

## 5. Análisis interpretativo de la actividad M ‘Dos parcelas’

En la secuencia *Ms38* identificamos un *movimiento escalar* hacia **constricción**. La docente resume las condiciones de las dos parcelas e invita a los niños a colocar los seres vivos en la maqueta considerando lo que han discutido.

### Fragmento Ms38

D1.- bueno le vamos a poner a esta parte de nuestra maqueta | que **le vamos a llamar parcela** | vamos a pensar que han pasado muchos años y ya han empezado a crecer árboles | aquí no ha llovido y ya explicaron que no podrían crecer los árboles ni otras plantas | bueno aquí vamos a poner estos árboles para que veamos las diferencias || **pasen ustedes | no vamos a poner todos | pero algunos | sí**  
[los niños pasan a poner los árboles y animales]

Distribución de árboles

En la secuencia *Ms39* que identificamos de tipo **constricción** los escolares empiezan a colocar los seres vivos en ambas parcelas. Se identifican constricciones relacionadas con la luz y la sombra. Para ello se retoman significados construidos en la actividad E ‘Montaje de los árboles’, respecto a las necesidades de luz de las diferentes especies de árboles.

### Fragmento Ms39

D1.- dónde estaban los pinos y dónde los encinos?  
Na.- los pinos estaban aquí  
D1.- puede **ser que acá crecieran pinos | porque había luz | a los encinos les costaría mucho crecer porque crecen a la sombra de otros árboles**

En la secuencia *Ms40* de tipo **constricción** los escolares continúan colocando los seres vivos.

### Fragmento Ms40

D1.- muy bien | vamos a **poner los animales que vuelven porque ya hay refugio | alimento <...> estos insectos también | qué animales volverían | pueden ponerlos**  
[los niños pasan a poner animales en la parcela donde ha llovido]  
Na.- **qué come?**  
[hacen comentarios mientras colocan los animales]

Montaje de plantas y animales

Podemos observar en el fragmento que los escolares consideran las constricciones que se han construido a lo largo de la conversación cuando una niña pregunta qué come el ser vivo que esta por colocar. Dado que los escolares han construido algunas ideas respecto al modelo, son capaces de definir qué información les hace falta para la toma de decisiones.

El aspecto final de la maqueta (fotografía x), demuestra que los escolares han tomado la decisión de colocar más animales y más plantas en la parcela de lluvias moderadas, siendo congruentes con las explicaciones jerárquicamente anidadas que se construyeron.

La última secuencia de esta actividad es la secuencia *Ms41* que identificamos de **constricción**, en ella la docente hace una aclaración sobre la necesidad de que pase mucho tiempo para que el bosque se regenere tras el incendio.

Fragmento Ms41

D1.- piensen que **para que regresaran los animales y crecieran así los árboles han pasado 25 o 30 años | y aún así el bosque no está igual que antes** || vamos a regresar a nuestros lugares  
((Fin de la actividad))

Aspecto del bosque
--------------------

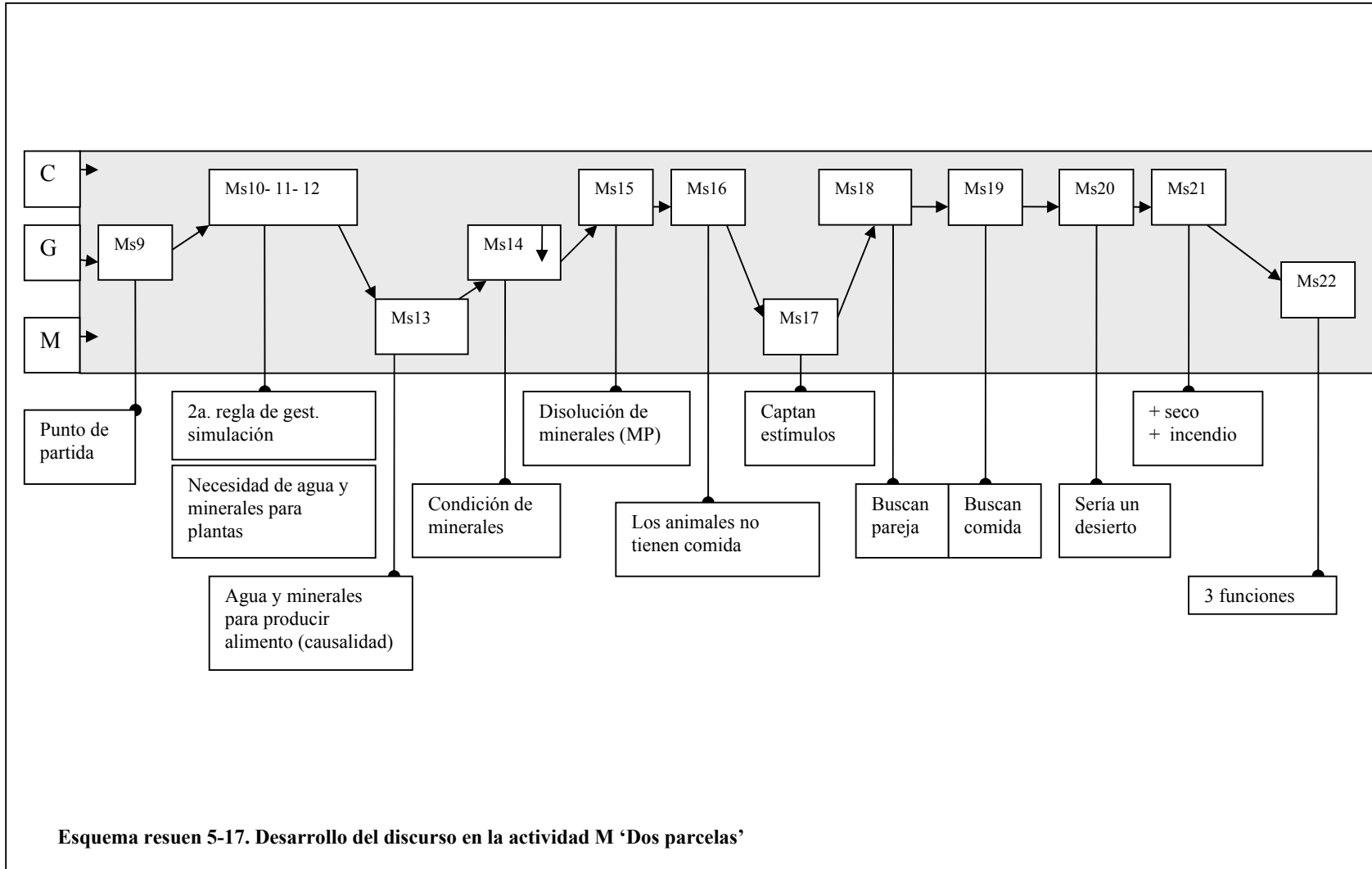
Antes de finalizar la sección de explicaciones cabe hacer una reflexión sobre la simulación propuesta en esta actividad M ‘Dos parcelas’. Consideramos que la simulación del cambio de condiciones relacionado con la falta de agua es recomendable espacialmente para identificar constricciones que tienen que ver con los animales. En el caso de las plantas la constricción a trabajar en este nivel escolar es la necesidad de agua para la fabricación de alimento y para la disolución y absorción de minerales. Sin embargo, puede resultar poco efectiva si se tratan otras constricciones en plantas, ya que los alumnos generan ideas que pueden convertirse en obstáculos o que refuerzan ideas previas.

Un ejemplo de lo anterior es que algunas veces los escolares dicen que las plantas se sienten secas y sacan agua o evitan perder agua como respuesta a un estímulo<sup>2</sup>. Es verdad que el cierre estomático está relacionado con la mayor o menor pérdida de agua en las plantas. El dióxido de carbono entra a las hojas por los estomas, al mismo tiempo éstos pierden agua en la transpiración que permite por un lado controlar la temperatura alrededor de la hoja, y por otro suministrar la fuerza que permite la absorción de agua por las raíces. El cierre estomático se produce en condiciones de estrés hídrico, sin embargo la respuesta de la plantas a dicho estrés incluye múltiples respuestas, como producción de hormonas y otras sustancias, además del cierre estomático (Curtis, 2003). Estas ideas están aún muy alejadas de los alumnos de este nivel y tampoco resulta conveniente introducirlas, a menos que se realicen actividades específicas para ello.

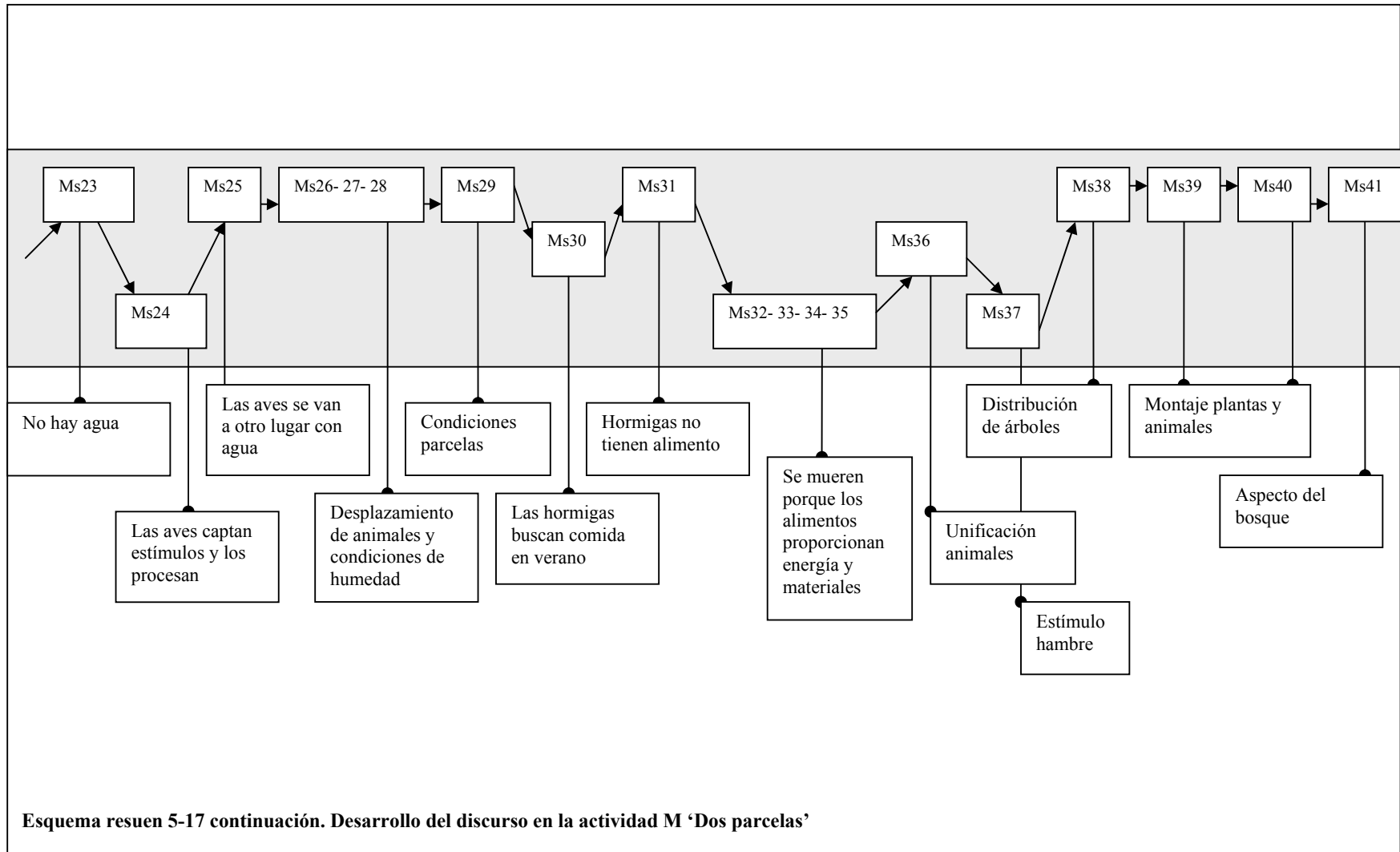
Las ideas de los escolares respecto a que las plantas sueltan o no agua son una materia prima valiosa e interesante para ayudarles a evolucionar en los modelos de fisiología vegetal, sin embargo, consideramos que no es aconsejable tratarlo aún en este nivel escolar.

---

<sup>2</sup> Referencia encontrada en la conversación en otros grupos y en las redacciones de los escolares.







### 5.6.1.2. Respecto a quién promueve la explicación

Dada la extensión de la actividad en este apartado analizaremos las secuencias agrupadas respecto a quién promueve la actividad de explicación.

Al observarse la gráfica 5-13 se evidencia una tendencia a encontrar las explicaciones promovidas por las **docentes** durante toda la actividad pero de manera esporádica y una sección final en la que se presentan de forma agrupada. Por otra parte las explicaciones promovidas en **interacción** se presentan a todo lo largo de la actividad, mientras las promovidas por los/as **alumnos/as** se agrupan en la parte central de la misma.

Al analizar las secuencias en las que la explicación es promovida por las **docentes** encontramos que sus intervenciones se centran en cuatro aspectos:

1) Precisar la condiciones, tanto cantidad de elementos y su desarrollo en función del tiempo (especialmente los árboles), como las atmosféricas en cada parcela (secuencias *Ms9*, *Ms29*, *Ms37* y *Ms40*). Un ejemplo se presenta en el fragmento siguiente.

Fragmento Ms40

D1.- ... piensen que **para que regresaran los animales y crecieran así los árboles han pasado 25 o 30 años** | y aún así el bosque no está igual que antes ||

2) A partir de los ejemplos de los escolares, establecer vínculos con las funciones o enunciar la condensación del modelo (secuencias *Ms22*, *Ms27* y *Ms36*). Un ejemplo se presenta en el fragmento siguiente.

Fragmento Ms27

D1.- los gusanos de tierra **muchas veces hacen su nido para reproducirse en un pequeño hoyo y si no lo puede hacer no se podría reproducir** | verdad?  
Na.- no

3) Proponer analogías (secuencia *Ms14*). Un ejemplo se presenta en el fragmento siguiente.

Fragmento Ms14

D2.- però **amb una canya | les arrels el que fan és xuclar com una canya** |  
D2.- a veure vosaltres heu intentat veure amb una canya | veritat que sí?

Y, 4) Propiciar niveles de generalización y abstracción mayores a través de resumir mecanismos explicativos y realizar unificación de dominios (secuencias *Ms36* y *Ms37*). Un ejemplo se presenta en el fragmento siguiente.

Fragmento Ms36

D2.- això ho heu de tenir present | **en els animals i les formigues | si no tinguéssin aliment no podrien fer res | ni créixer |**

Podemos decir que todas estas intervenciones tienen la función de apoyar la generación de nuevos significados a través de *establecer relaciones entre las experiencias de los escolares derivadas de la maqueta y las interpretaciones abstractas del modelo*. Así, las docentes propician mayores niveles de abstracción y generalización, permitiendo a los escolares establecer las hipótesis teóricas y relacionar las ideas y los fenómenos del mundo.

Las docentes trabajan para ellos en dos aspectos: las relaciones entre los hechos y las relaciones de éstos con las ideas del modelo. Un ejemplo es la analogía propuesta para comprender la absorción de minerales por las plantas en forma disuelta en el agua. También propiciando el aumento del nivel de abstracción y generalización. Por ejemplo en la unificación de dominios respecto a la nutrición, en la que una vez establecido el mecanismo partiendo de un nivel personal se generaliza a todos los animales.

Respecto a las secuencias en las que las explicaciones son generadas por los **alumnos/as** estas se concentran en la parte central de la actividad. Ello se debe a que en esta parte de la actividad la conversación se centra en responder a la pregunta ¿qué podría suceder con los seres vivos en una parcela y en la otra? Los escolares incluyen los siguientes aspectos:

1) Identificar la presencia de alimento o su ausencia como restricción para animales (secuencia Ms16).

Fragmento Ms16

No.- que no hi hauria insectes i animals perquè **no tindrien aliment**

2) Identificar la disponibilidad de pareja para la reproducción y perpetuación de la especie (secuencia Ms18).

Fragmento Ms18

No.- **buscar la parella | i que si té una parella de l'espècie no s'acaba**

3) Identificar la retroalimentación positiva de riesgo de incendio comparando las condiciones de ambas parcelas (secuencia Ms21).

Fragmento Ms21

No.- no hay plantas porque todas las plantas están secas || y **en la parte de lluvia si hay un incendio no sería tan fuerte**

5. Análisis interpretativo de la actividad M 'Dos parcelas'

4) Identificar la ausencia de agua y su efecto sobre las plantas y los animales comparando las condiciones en las dos parcelas (secuencias Ms23 y Ms25).

Fragmento Ms23

No.- que no **hi hauria aigua ni res i que les plantes es secarien**

Fragmento Ms25

No.- que **vagi a un altre lloc on hi ha aigua**

5) Identificar las condiciones de la tierra y atmosféricas y las posibilidades de desplazamiento de los animales comparando las condiciones en las dos parcelas (secuencia Ms26 y Ms28).

Fragmento Ms26

Na.- que un **cuc de terra va per sota i on hi ha aigua podria anar-hi perquè està humida i on està seca no podria**

Fragmento Ms28

Na.- també si hagués animals al sol es moririen i en l'altre també que **si plou es mullaran les ales i no podran volar** | i en la tempesta

Nos llama la atención que todas las secuencias en las que la explicación es promovida por los **alumnos/as** son de tipo **constricción**. En este caso la maqueta permite a los escolares plantearse variedad de ejemplos de constricciones en dos situaciones comparativas funcionando como ejemplos y contraejemplos que les permiten construir la abstracción. La construcción de significados se realiza yendo de los ejemplos concretos a su interpretación dentro del modelo, esto último con la ayuda de las docentes. Lo anterior apoya la hipótesis de que *la maqueta permite a los escolares visualizar las constricciones funcionando como un mediador entre un fenómeno de difícil representación y sus ideas de partida*.

Respecto a las secuencias en las que la explicación se promueve en **interacción**, estas se distribuyen a lo largo de toda la actividad. En ellas se construye la abstracción a través de las explicaciones jerárquicamente anidadas. Para construirla es primordial la intervención de las docentes, pero dado que ellas pretenden que sean significativas para los escolares, promueven su participación activa, logrando que tengan un papel importante en la construcción de las explicaciones. Un ejemplo de lo anterior podemos observarlo en los fragmentos siguientes.

Fragmento Ms11

Na.- que si sólo le diera el sol y no hubiera agua **las plantas se secarían** | y en la otra se **ahogarían por que habría mucha agua**

D1.- nos faltan otros porqués | por ejemplo **por qué se morirían en una parte**

No.- == porque se secan

D1.- == **o por qué podrían vivir**

Na.- que donde no ha llovido | las plantas se mueren porque se secan y **porque no tendrían agua para vivir** | y en la otra

D1.- = **traten de utilizar las ideas que hemos aprendido**  
Na.- **que no tendrían minerales que les hace falta ni agua para vivir**

Fragmento Ms12

D1.- **por qué habría minerales**  
Na.- **ya están en la tierra**

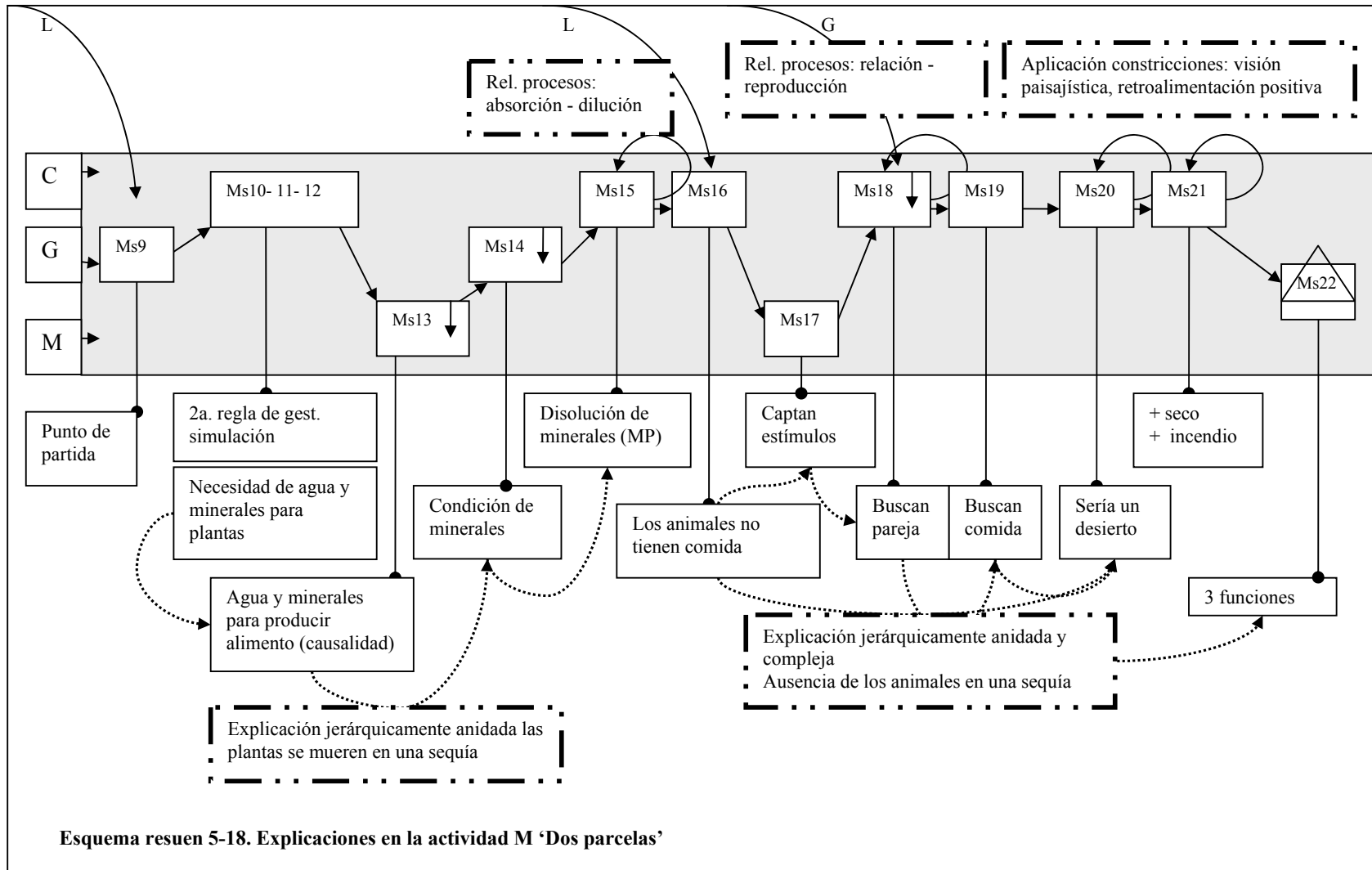
Fragmento Ms13

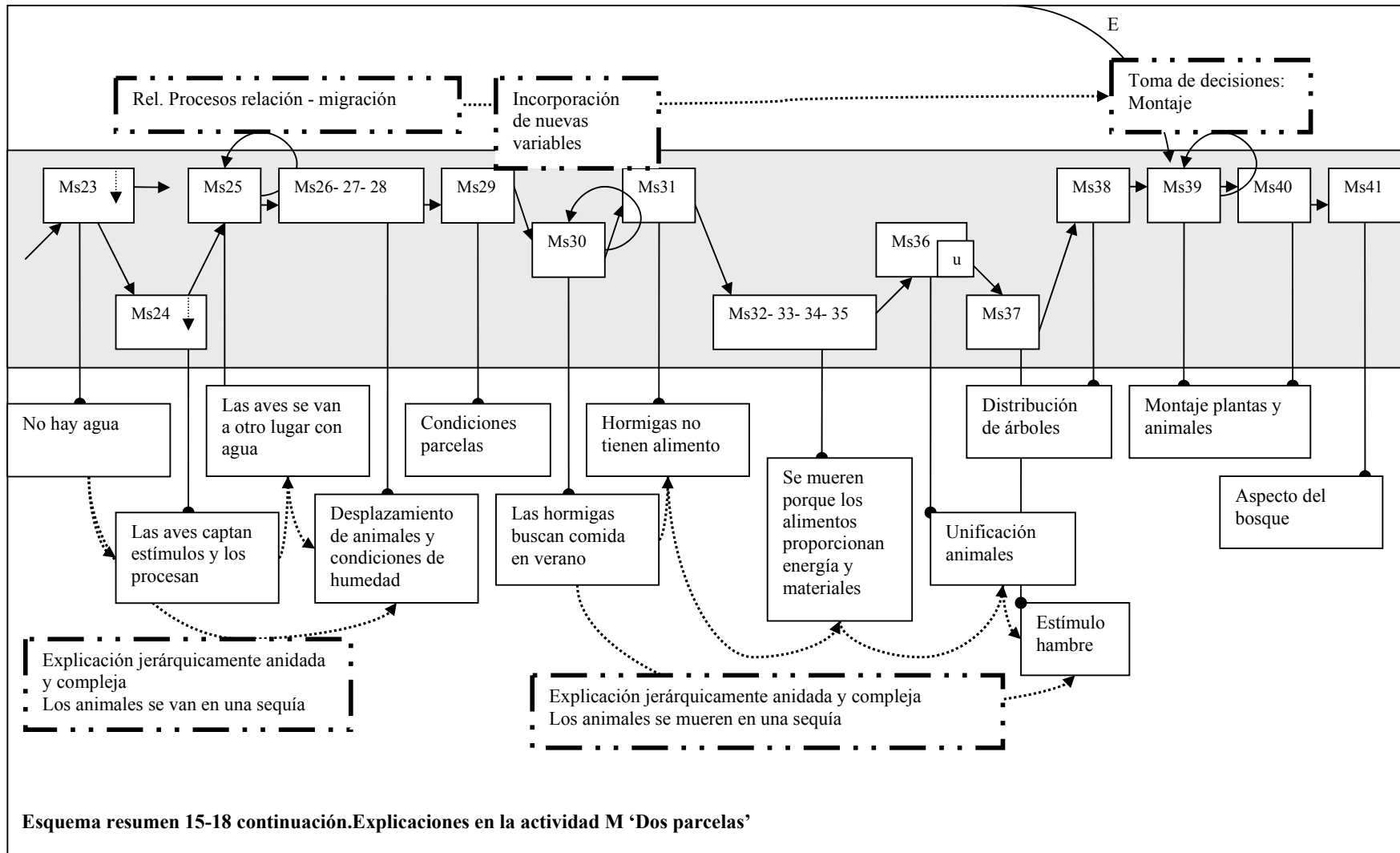
D1.- **cuál es la relación entre el agua y los minerales?**  
Na.- **que sin agua no podrían hacer su alimento**  
Na.- **y los minerales también los necesitan para hacer su alimento y los absorben con el agua**

Como podemos observar en los fragmentos, la interacción entre docentes y escolares es básica para la generación de la explicación jerárquicamente anidada. Por una parte las preguntas de la docente apoyan la profundización considerando más elementos y sus relaciones, mientras los escolares aportan los elementos y los argumentos de dicha explicación.

### ***5.6.1.3. Síntesis de explicaciones: Las explicaciones jerárquicamente anidadas y complejas***

Se sintetizan las interpretaciones sobre la construcción de las explicaciones considerando los apartados anteriores. Para resumir y visualizar el análisis hemos construido el esquema resumen 5-18, que presentamos a continuación.





De lo analizado en la actividad M ‘Dos parcelas’, podemos decir lo siguiente:

1. Hemos constatado, nuevamente, **dos formas de construcción de nuevos significados en el modelo de ser vivo**. Por un lado la que se produce en una misma secuencia discursiva y por otro la que se produce entre secuencias discursivas.

1.1. **La primera forma de construcción de nuevos significados del modelo se produce dentro de una misma secuencia discursiva**. Las identificamos en las secuencias de generalización, mecanismo y constricción. Pueden verse en el esquema 5-18 representadas con flechas curvas continuas.

1.1.1. Para **generalizaciones**:

1.1.1.1. En las secuencias de generalización se identifican fenómenos a explicar y se **incorporan nuevas variables** en ejemplos específicos. Los ejemplos que se utilizan de forma reiterada pueden ayudar a propiciar la abstracción del modelo y su conexión con los hechos del mundo.

1.1.1.2. En una secuencia **de generalización tipo unificación**. Se unifican dominios respecto a la nutrición, en los que se parte de humanos y se amplía a animales en general, **ampliando la generalización de partida pero de manera vinculada con el mecanismo explicativo. Lo que permite generar un nuevo significado relacionado con la nutrición**.

1.1.2. Para **mecanismos**:

1.1.2.1. En dos secuencias discursivas tipo **mecanismos** se identifican procesos relacionados con la obtención de materiales y energía a partir de los alimentos.

1.1.3. Para **constricciones**:

1.1.3.1. Se genera la **2ª regla de la gestión de la simulación, en la que se permite modificar las condiciones ambientales**. Se generan ejemplos y contraejemplos que permite hacer comparaciones.

1.1.3.2. En cuatro secuencias, todas ellas de tipo **constricción** se construyen relaciones entre: absorción de minerales en plantas y disolución (en la que se integra el modelo de partículas); captación y respuesta a estímulos y reproducción; deshidratación en plantas y régimen de perturbaciones y captación y respuesta a estímulo y migraciones. En todas ellas **se establecen relaciones entre procesos** que posteriormente se vinculan con los mecanismos.



- 1.1.3.3. En cuatro secuencias discursivas tipo **constricción** se aplican las constricciones construidas ya sea a la toma de decisiones o a la predicción. **Al aplicar las constricciones se generan visiones paisajísticas diversas.**
- 1.1.3.4. Los escolares visualizan las constricciones al argumentar y manipular la maqueta utilizando la apreciación paisajística y la apreciación particular de los seres vivos que componen el paisaje y sus características. Lo anterior puede **favorecer una visión sistémica del fenómeno.**
- 1.2. **La segunda** forma de construcción de nuevos significados del modelo **se produce entre secuencias discursivas de tipo generalización – mecanismo y constricción. Se generan cuatro explicaciones jerárquicamente anidadas** Identificadas en el esquema con flechas curvas punteadas
  - 1.2.1. La generalización sobre el hecho de que las plantas sin agua se secan y se mueren, se explica por el mecanismo de utilización del agua y minerales para la fabricación de su alimento; posteriormente se identifican las constricciones falta de agua y minerales, estos últimos se ubican espacialmente y se les relacionan a través de la disolución. En este punto **se integra el modelo de partículas en la explicación.** Se puede decir que se **genera una explicación jerárquicamente anidada que explica la muerte de las plantas en una sequía**
  - 1.2.2. La generalización sobre que no habría animales en la zona de sequía, se explica a través de las constricciones de falta de recursos para su alimentación y de pareja para su reproducción y a través de los mecanismos relacionados con su capacidad de captar estímulos y procesarlos. Los escolares anteriormente no habían tomado en consideración el cerebro y el procesamiento de los estímulos. La explicación se considera compleja ya que relaciona las tres funciones del modelo. Se puede decir que se **genera una explicación jerárquicamente anidada y compleja que explica la ausencia de animales en una sequía.**
  - 1.2.3. La generalización sobre el hecho de que los animales se desplazan a otros lugares en una sequía, se explica a través de las constricciones de falta de agua y de los mecanismos de captación de estímulos, procesamiento y producción de una respuesta. Se consideran casos particulares como la relación entre la cantidad de agua y la dureza del suelo con la consecuente dificultad de desplazamiento de gusanos y la cantidad de agua y el desplazamiento de animales que vuelan. Se puede

decir que se **genera una explicación jerárquicamente anidada que explica el desplazamiento de los animales en una sequía.**

1.2.4. La generalización sobre el hecho de que los animales se mueren en una sequía, se explica a través de las constricciones de falta de recursos para la alimentación y de los mecanismos de obtención de energía y materiales para crecer proveniente de los alimentos y el estímulo del hambre para comer. La explicación se considera compleja ya que relaciona dos funciones del modelo. Se puede decir que se **genera una explicación jerárquicamente anidada y compleja que explica la muerte de los animales en una sequía**

1.2.5. Para las cuatro explicaciones jerárquicamente anidadas se reconoce en el **proceso de construcción:**

1.2.5.1. Las explicaciones pueden incluir varias secuencias en diferentes niveles escalares y **generar ciclos recursivos, sin plantear, necesariamente, la generalización al inicio.**

1.2.5.2. Se retoman e incorporan varios significados construidos en actividades anteriores, lo cual indica que en esta actividad **se aplica los significados a la acción y en la argumentación, aunque también se construyen nuevos significados.**

2. Respecto a los **16 movimientos escalares** identificados y que producen el cambio de observación en el nivel escalar. Encontramos cinco movimientos hacia generalizaciones, cuatro hacia mecanismo y siete hacia constricciones. Se ven en el esquema 5-18 representados con flechas rectas continuas que ascienden o descienden

2.1. Los movimientos **hacia constricciones** se producen, relacionados con la maqueta y por una pregunta directa de la docente.

2.1.1. En cuanto a los **relacionados con la maqueta.** Se presentan por un lado debido a observaciones sobre las condiciones ambientales comparativas en las dos parcelas de la maqueta y por otro debido a la acción directa de los escolares en la misma. **Se puede decir que la actividad de la maqueta genera la mayoría de los movimientos escalares en esta dirección.**

2.1.2. En cuanto a la **pregunta de la docente.** Ante su pregunta directa sobre la relación entre el agua y los minerales, se produce un movimiento de este tipo en el que se integra el modelo de partículas a la explicación. Podemos considerar que **una petición directa de la docente genera un movimiento a constricción como un caso excepcional,** sin embargo podría considerarse el fenómeno de

disolución como un mecanismo dentro del modelo que se integra: el modelo de partículas.

- 2.2. Los movimientos **hacia mecanismo se producen** ante **preguntas de los docentes**. Para ello utilizan tanto preguntas directas como indirectas. En el caso de los mecanismos para la nutrición se observa el cambio de contexto, a uno más próximo a los escolares, para lograr llevarlos a mirar a los mecanismos. Se identifica **variedad de estrategias utilizadas por los docentes para llevar a los escolares a este nivel escalar**.
3. Respecto a la función de la **docente**. Encontramos que se caracteriza por apoyar la **producción de hipótesis teóricas y el tránsito a un nivel mayor de abstracción** en las ideas relacionadas con el modelo por parte de los escolares.
4. Respecto a la **maqueta**. Podemos considerar la maqueta bajo una doble intencionalidad. Se refuerza la idea de que **sirve de mediador y se encuentra que permite abordar la complejidad**.
  - 4.1. La posibilidad de modificar variables en la división en dos parcelas, con la finalidad de permitir a los escolares hacer las comparaciones y establecer semejanzas y diferencias evidencia la **intencionalidad didáctica** de la maqueta. Mientras el establecimiento de las reglas del juego evidencia su **intencionalidad como mediador** en la construcción del conocimiento.
  - 4.2. La maqueta permite a los escolares plantearse variedad de ejemplos de constricciones con diferentes variables, por lo que se puede decir que **funciona como un mediador entre un fenómeno de difícil representación y las ideas de partida de los escolares**.
  - 4.3. Durante la simulación los estudiantes van enfocando la conversación en diferentes seres vivos con diferentes características y también se va matizando la magnitud de los cambios en las condiciones ambientales y las diferentes formas como éstos pueden afectar a los seres vivos. Se observa también como esto se relaciona con una complejidad en el discurso, en el que se pasa de los mecanismos a las constricciones y se utilizan las tres ideas básicas del modelo. Esto permite decir que **la manipulación de la maqueta permite abordar la complejidad de los fenómenos**.
5. Respecto a **la visión escalar en la que se sitúan los escolares**. Identificamos diferencias entre los niveles escalares y la forma como los escolares acceden a ellos.
  - 5.1. Respecto a las **generalizaciones**. Los escolares tienen una visión a dos niveles de la maqueta: paisajístico y particular. Esta visión ha sido generada a lo largo de las actividades. Esto les permite **generar fenómenos a explicar a partir de la manipulación de la maqueta**.

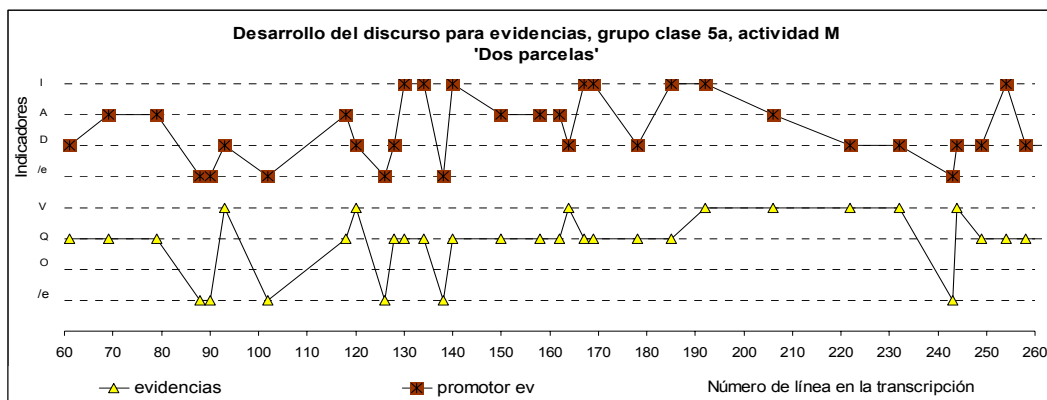
## 5. Análisis interpretativo de la actividad M 'Dos parcelas'

5.2. Sobre los **mecanismos**. Es necesaria una fuerte participación de las docentes a través de preguntas para ayudar a los escolares a llevar la mirada a los mecanismos. Se observa que en esta actividad los escolares identifican el formato homogéneo de las preguntas indirectas y dirigen la mirada a los mecanismos. Por ello este tipo de preguntas se convierte en una herramienta para ayudar a los escolares a mirar a los niveles inferiores ya que se puede decir que **los escolares no miran al nivel mecanismos de forma espontánea**.

5.3. Respecto a las **constricciones**. La tendencia que encontramos es que los escolares se dirigen a las constricciones, que son accesibles dado su conocimiento de la misma y la actividad de manipulación. Se observa que **los escolares no se encuentran restringidos por el nivel de observación impulsado por las docentes**.

### 5.6.2. Análisis de las evidencias

Para el análisis de las evidencias y partiendo de los resultados de la segunda etapa del análisis construimos la gráfica 5-14, en el eje de las ordenadas: **no hay evidencia** (/e), **observación** (O), **maqueta** (Q), **otras fuentes** (V), **docente** (D), **alumno/s** (A), **interacción** (I), en el eje de las abscisas se presenta el número de línea de la transcripción.



Gráfica 5-14 Distribución en el tiempo de las evidencias y quién las promueve, en la actividad M 'Dos parcelas'.

#### 5.6.2.1. Las evidencias

Las primeras ocho secuencias de esta sesión (*Ms1* a *Ms8*) se refieren a la regulación de la redacción realizada en la clase anterior sobre los primeros seis meses después

del incendio. A continuación describimos la fuente de la evidencia para conocer el antecedente de la simulación. En las tres primeras secuencias (*Ms1*, *Ms2* y *Ms3*), en las que la evidencia proviene de la *maqueta*<sup>3</sup>, se retoma la idea de la procedencia de las semillas.

En las siguientes cinco secuencias (*Ms4 a Ms8*), en las que se continúa con la regulación del ejercicio de la clase anterior, se utilizan evidencias provenientes tanto de *otras fuentes*, como de *observaciones* y de la *maqueta*. Esto puede deberse a que en estas secuencias se sintetizan las ideas que deben aparecer en las redacciones de los niños y niñas y para ello se acude a diferentes tipos de evidencias.

En la secuencia *Ms9* inicia la simulación. En las secuencias *Ms9*, *Ms10* y *Ms11* la evidencia proviene de la *maqueta*. Aquí se presenta el punto de partida y se establecen las condiciones en las dos parcelas. Se coloca una marca (una regla metro), que las identifica. Sobre esta base los escolares empiezan a definir las condiciones en uno y otro lado y como pueden afectar a los seres vivos. Como podemos ver en los fragmentos *la maqueta se convierte en el referente de comunicación de la clase*, y los escolares hacen alusión a uno y otro lado.

Fragmento Ms10

D1.- **vamos a hacer una división | por || aquí [la maestra coloca una regla grande (metro), y divide la maqueta en dos secciones] || vamos a pensar que en esta parte del bosque tiene un año que no llueve porque hay una sequía muy fuerte | y en esta otra parte ha llovido y | | qué pasaría? | todos pensando**  
 Na.- hi hauria més arbres i més fulles per l'aigua que ha caigut | **però en l'altre no n'hi hauria** estaria més sec

Fragmento Ms11

Na.- **que donde no ha llovido** | las plantas se mueren porque se secan y porque no tendrían agua para vivir | **y en la otra**

Podemos observar que las comparaciones realizadas son del tipo: en un lado habría y en el otro no. *La maqueta apoya la visualización de las constricciones* permitiendo la comparación entre la forma en que las constricciones afectan a los seres vivos.

Las secuencias *Ms12* y *Ms13* **no hay evidencia** alguna. Como podemos observar en los fragmentos los escolares realizan afirmaciones directas que parecen provenir de conocimientos construidos por ellos con antelación y que se dan por ciertas.

Fragmento Ms12

D1.- por qué habría **minerales**  
 Na.- **ya están en la tierra**

Fragmento Ms13

---

<sup>3</sup> En estas secuencias consideramos que la evidencia proviene de la maqueta ya que las redacciones de los escolares se refieren a qué sucedería los primeros meses después del incendio, y se basan en la simulación para sus explicaciones.

5. Análisis interpretativo de la actividad M ‘Dos parcelas’

D1.- cuál es la relación entre el agua y los minerales?

Na.- que **sin agua no podrían hacer su alimento**

Na.- y **los minerales también los necesitan para hacer su alimento y los absorben con el agua**

En la secuencia *Ms14* la evidencia proviene de **otras fuentes por experiencias anteriores** de los escolares. La docente *plantea la analogía* entre la absorción de minerales y el succionar o “chupar” con una cañita.

Fragmento Ms14

D2.- però **amb una canya | les arrels el que fan és xuclar com una canya |**

D2.- **a veure vosaltres heu intentat veure amb una canya | veritat que sí?**

Ns.- **sí**

D2.- i podríeu veure sòlids amb una canya?

No.- **sí**

D2.- podríeu en trossos?

Na.- **ah no no**

En la secuencia *Ms15* **no hay evidencia** alguna. Se recurre al modelo de partículas para explicar la disolución.

Fragmento Ms15

D2.- entonces que ha de fer l'aigua?

Na.- **dissoldre'ls**

No.- **separar-los**

D2.- **separar qué | les partícules | per tant fer-los més petits | que puguin anar pels tubets de les plantes sí?**

....

En la secuencia *Ms16* la evidencia proviene de la **maqueta**. Como podemos ver en el fragmento un niño vuelve a las condiciones planteadas en la maqueta y *genera una predicción basándose en las condiciones de la parcela con lluvia* (de manera implícita ya que no hace una alusión directa a una de las parcelas).

Fragmento Ms16

No.- que no hi hauria insectes i animals perquè no tindrien aliment

En la secuencia *Ms17* la evidencia proviene de **otras fuentes por autoridad** tanto de los alumnos como de la docente. Aquí la docente recurre a las ideas generadas en la actividad K ‘Estímulo – respuesta’. Como podemos observar en el fragmento la maqueta se utiliza como plataforma para la argumentación dado que la docente ubica a una mosca en el contexto de una de las parcelas cuando dice: “aiii aquí hi ha una mosqueta molt maca” (ahhh aquí hay una mosca muy guapa). Sin embargo, consideramos que la evidencia proviene de la autoridad de los alumnos, dado que las entidades ‘estímulo’, ‘cerebro’ y ‘reacción’ se han construido en otras actividades anteriores y son fundamentales para la explicación. Los escolares asumen que tienen

el conocimiento, al igual que la docente cuando dice: “que també els animals captarien estímuls” (que también los animales captarían estímulos). En este caso *tanto alumnos como docentes se colocan en un sitio de autoridad de quién tienen el conocimiento*. Posteriormente la docente ejemplifica y complementa el mecanismo.

Fragmento Ms17

No.- **que també els animals captarien estímuls**

D2.- capten estímuls com de què hi ha una parella veritat | aiii aquí hi ha una mosqueta molt maca || o no? || aii que m'agrada aquesta mosqueta | **i capta l' estímulo de com és | de quina forma és i el seu cervell li diu és guapa ehh | o no?**

No.- sí

D1.- **y cuál puede ser la reacción?**

Este dato nos indica nuevamente la forma como se integran las entidades y las relaciones construidas al conocimiento y se utilizan posteriormente como verdaderas experiencias de vida utilizándolas para explicar. De esta forma los escolares se valen tanto de las experiencias como de los modelos explicativos construidos para utilizarlos como evidencias.

En la secuencia *Ms18 no hay evidencia* alguna para respaldar la afirmación. Cabe aclarar que en este caso no se ha considerado que se presente evidencia proveniente del conocimiento construido, dado que no se ha realizado dicha construcción durante esta unidad didáctica y por tanto no se tiene ningún dato que nos permita elucidar la procedencia de la afirmación.

Fragmento Ms18

No.- buscar la pareja | **i que si té una parella de l'espècie no s'acaba**

En las secuencias *Ms19, Ms20 y Ms21* la evidencia proviene de la *maqueta*. Como podemos ver en los fragmentos, las predicciones que se realizan se sustentan en las condiciones ambientales en cada una de las parcelas, comparándolas.

Fragmento Ms19

D2.- penseu en els animals **que més podrien anar a buscar i trobar o no**

Na.- menjar

Fragmento Ms20

D2.- i què passa en un lloc i què passa en l'altre?

Na.- **que aquí estaria seco y aquí no**

D2.- i per tant

Na.- **que en la zona de sol se irían todos los animales y sería una zona como de desierto**

Fragmento Ms21

No.- no hay plantas porque todas las plantas están secas || **y en la parte de lluvia si hay un incendio no sería tan fuerte**

D1.- esta idea es interesante | quizás es **más fácil que haya otro incendio en esta zona que está más seca | no?**

## 5. Análisis interpretativo de la actividad M ‘Dos parcelas’

Como ya hemos mencionado, en la sección de explicaciones, en las secuencias *Ms20* y *Ms21* se genera una visión paisajística que tiene como base las condiciones de las dos parcelas y las predicciones basadas en ellas. Esta la visión paisajística de los escolares podría permitir abrir un espacio de reflexión relacionado con la gestión ambiental y la explicitación de valores relacionados con la percepción del ambiente. En este caso no se realiza, sin embargo puede ser una sugerencia incluirlo en este punto.

En la secuencia *Ms22* **no hay evidencia** alguna. En ella se expresan las tres funciones del modelo y aunque se hace referencia a los ejemplos utilizados hasta el momento.

### Fragmento Ms22

D2.- aquí ja ha sortit lo de la **nutrició** i la **reproducció** | no ha sortit lo dels **estimuls** | ...

En la secuencia *Ms23* la evidencia proviene de la **maqueta**. Como podemos ver en el fragmento nuevamente las docentes vuelven la vista sobre la maqueta. En este caso solicitan ejemplificar el ser vivo, ya que hasta el momento de ha hablado de plantas y animales en general. También se presenta comparación entre las condiciones ambientales de las parcelas.

### Fragmento Ms23

D2.- **poseu un exemple**

D1.- hablen de ciertos animales

D2.- una mosca | una papallona | què farien?

No.- els ocells/

D1.- *ocells* no | uno

No.- **que un iría a aquí**

D2.- primer aniria aquí **i què passaria**

D1.- aquí no ha llovido en un año

D2.- i què passaria?

No.- **que no hi hauria aigua ni res i que les plantes es secarien**

En la secuencias *Ms24*, *Ms25* y *Ms26* la evidencia proviene de la **maqueta**. En las secuencias *Ms25* y *Ms26* la docente vuelve la atención al ejemplo del ave, y el escolar basándose en las condiciones que la maqueta plantea lo que podría pasar al ave. En la secuencia *Ms27* una escolar ejemplifica utilizando otro caso: el gusano.

### Fragmento Ms24

D2.- això ja ha sortit | però amb l'ocell què passaria?

No.- llavors els ocells sabrien que no hi hauria aigua?

...

### Fragmento Ms25

D2.- i què li diu el **cervell**?

No.- **que vagi a un altre lloc on hi ha aigua**

D2.- aquí no tens sort chaval! | sí o no?

No.- sí



Fragmento Ms26

Na.- **que un cuc de terra va per sota i on hi ha aigua podria anar-hi perquè està humida i on està seca no podria**

En la secuencia *Ms27* la evidencia proviene de ***otras fuentes por autoridad*** de la docente. Como podemos observar en el fragmento ella relaciona la aportación de la niña (secuencia *Ms26*) con la función reproducción.

Fragmento Ms27

D1.- **los gusanos de tierra muchas veces hacen su nido para reproducirse en un pequeño hoyo** y si no lo puede hacer no se podría reproducir | verdad?

Na.- no

En las secuencias *Ms28*, *Ms29*, *Ms30* y *Ms31* la evidencia proviene de la maqueta. En estas se identifican la cantidad de sol, la cantidad de lluvia, la temperatura, la dureza del suelo y la cantidad de alimento como constricciones y se les relaciona con la posible actividad de las hormigas. Como observamos en los fragmentos siguientes los niños van especificando las condiciones que toman en consideración, puede decirse que *la maqueta funciona como un referente común a la clase*.

Fragmento Ms28

Na.- també si hagués **animals al sol es moririen i en l'altre també que si plou** es mullaran les ales i no podran volar | i en la tempesta

Fragmento Ms29

D2.- ... en **aquest lloc d'aquí pluges normals i en aquesta d'aquí res de pluja** | m'entendeu?

No.- **faria més fred**

Fragmento Ms30

D2.- i què els ocells tenen plumes

No.- però a les formiges els hi afectaria

D2.- **n'hi hauria menys a la banda del sol o a la banda de la pluja?**

No.- de la pluja

...

No.- buscar menjar

Fragmento Ms31

D2.- en **aquesta part del bosc que està tot sec | hi ha molt menjar per mi?**

Ns.- no

Na.- esta todo seco

No.- hay sol

D2.- **però el sol està a les dues parts | per tant**

D1.- a ver qué ideas hay | piensen

Na.- **que les formigues se n'anirien cap al altre costat per trobar aliment**

...

En las secuencias *Ms32*, *Ms33*, *Ms34* y *Ms35* la evidencia proviene de ***otras fuentes***. En estas secuencias se utiliza el mecanismo de la nutrición para explicar por qué un

## 5. Análisis interpretativo de la actividad M ‘Dos parcelas’

animal se muere si no come. Como observamos en el fragmento, las evidencias provienen de las *experiencias anteriores* de los escolares y de la *autoridad* de las docentes.

### Fragmento Ms32

D1.- qué pasa con las hormigas si no tienen alimento

..

No.- **porque pasa hambre**

No.- la **sangre**

No.- y se seca

...

Na.- porque **sacamos nuestras reservas de comida | y el alimento que hemos desecho en nuestro estomago se va por toda la sangre y si no tenemos alimento no va por la sangre | va al corazón**

D1.- la sangre a dónde lleva el alimento | **a qué parte de nuestro cuerpo?**

Na.- **a todo**

Na.- a todas las venas

### Fragmento Ms33

D1.- y por qué necesita todo nuestro cuerpo alimento?

Na.- porque si no moriríamos porque estaríamos pálidos y

...

D1.- por qué? | **qué nos dan los alimntos?**

Na.- **nutrients**

...

No.- **energía**

D2.- els **nutrients** per una banda i per la altra l'**energia**

### Fragmento Ms34

No.- les **sals minerals**

D1.- y los **nutrientes** para que se usan?

...

D1.- esto es muy importante | cuando nos alimentamos usamos todo ese alimento que va por nuestro cuerpo **para tener energía para hacer actividades | y lo otro | es muy importante también | y para ustedes que están pequeñitos más todavía**

Na.- **para crecer!**

D1.- para cercer!

Na.- **reproducirse**

### Fragmento Ms35

D2.- ... penseu que les **proteïnes els lípids | en ajuden a dues coses | a créixer ... | per créixer i per renovar els cèl·lules mortes**

D2.- i per **tenir energia**

...

En los fragmentos anteriores observamos que si bien *la maqueta propicia la generación de las situaciones a explicar*, se hace evidente que *es insuficiente para la argumentación de los mecanismos* y que es necesario recurrir a otras fuentes.

En la secuencia *Ms36 no hay evidencia* alguna. En la secuencia *Ms37*, la evidencia proviene de *otras fuentes de experiencias anteriores* de los escolares respecto al estímulo “tener hambre”.

Fragmento Ms37

D2.- tenir gana si és un estimul | tant per les formigues com a nosaltres | **perquè quan no mengem | veritat que si que tenim gana?**

Ns.- sí

En las secuencias *Ms38*, *Ms39*, *Ms40* y *Ms41* la evidencia proviene de la **maqueta**. En términos generales identificamos que se relacionan básicamente con la comparación de las condiciones en las dos zonas. Se utilizan las frases “*en una zona*” “*en la otra*” “*que podrían encontrar o no*” “*qué pasa en un lugar y que pasa en otro*” “*iría aquí y ... luego iría acá...*”, y “*en el otro lado también*” y “*esta en las dos partes*”, entre otras.

En estas secuencias las docentes retoman la idea de dos parcelas y los escolares modifican la maqueta utilizando las plantas y animales que tienen elaborados, para simular lo que pasaría en cada parcela, para ello *en la acción toman en cuenta sus predicciones*.

En esta actividad M abunda el uso de vocabulario de tipo comparativo. Aquí los escolares ya conocen los elementos ‘seres vivos’ que conforman el bosque y muchas de sus características específicas, lo que permite que la maqueta sea una ayuda para las comparaciones ya que se requiere una familiarización con las situaciones que se comparan, en este caso los seres vivos del bosque mediterráneo en dos condiciones ambientales, para poder comparar dos situaciones diferentes. Esto nos indica que la maqueta se utiliza para comparar cómo los cambios ambientales pueden afectar una zona. Esto permite que consideremos esta actividad como un contraejemplo. El *uso de ejemplos y contraejemplos* se convierte entonces un aspecto importante.

Así, al estar centrada la construcción en el modelo ser vivo, la maqueta es un escenario que permite la utilización de diferentes *ejemplos y contraejemplos*, lo cual apoya la modelización. Los ejemplos constituyen una estrategia muy utilizada por las docentes. En muchos casos los ejemplos substituyen a las generalizaciones como hechos del mundo que requieren una explicación a través del modelo. Los ejemplos cumplen varias funciones: 1) constituyen una ayuda para que apoyar la abstracción, 2) son un elemento retórico, incorporando también analogía, que indica la importancia que las docentes dan a las ideas del modelo para explicar, 3) ejercitan a los estudiantes en la utilización del modelo en diferentes situaciones, especialmente comparativas, lo cual ayuda a la transferencia, 4) ayudan a conectar con los intereses de los escolares, cuando ellos proponen el ejemplo a explicar. Podemos considerar que en la actividad M la simulación se plantea como *contraejemplo* (Barth, 1992) de las constricciones, que ayuda a los escolares tener una *percepción más sutil del fenómeno, haciéndoles tomar conciencia de similitudes y diferencias en dos casos concretos*.

Otro aspecto a resaltar en el análisis de las evidencias en la actividad M es que la maqueta es un *punto de anclaje* que permite incorporar diferentes argumentos con

diferentes evidencias que los apoyan generando una *complejidad en la conversación* al mismo tiempo que un *punto de retorno posible* para evitar el exceso de dispersión. Hemos identificado que tras una explicación que requiere la utilización de diversas evidencias las docentes simplemente vuelven la mirada a la maqueta con frases como “bueno y qué pasa en un lugar y qué pasa en otro”. En ese momento la atención de la clase se centra nuevamente en la maqueta y el ejercicio planteado. Esto indica que *la maqueta ejerce un papel de mediador entre la construcción individual y colectiva del modelo*, ya que permite seguir diferentes líneas de discusión y volver al momento de partida, de tal manera que los escolares que no han podido seguir el hilo argumental pueden incorporarse a la actividad al regresar al punto de partida.

### **5.6.2.2. Respecto a quién promueve la evidencia**

En las evidencias promovidas por la *docente* encontramos tanto las que hacen referencia a la *maqueta* y sus condiciones, como las de *otras fuentes* que recuperan *experiencias previas* de los escolares, y también las de *autoridad*.

Las evidencias aportadas por los *escolares* se refieren a la *maqueta*, excepto en un caso en el que hacen referencia a sus *experiencias previas*. Este último caso se presenta en la secuencia *Ms33*, y las evidencias se relacionan con el proceso de nutrición.

#### Fragmento Ms33

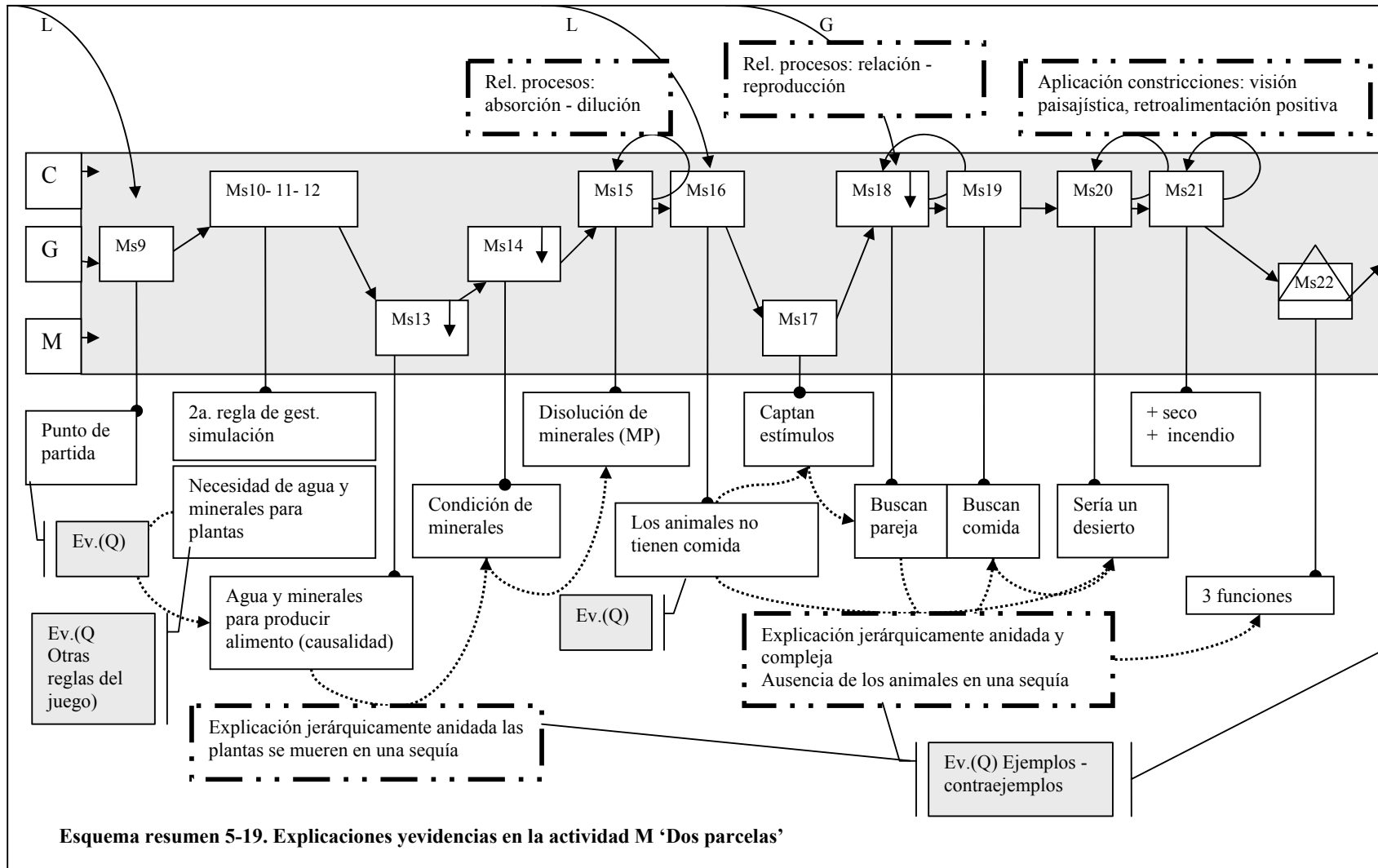
D1.- y por qué necesita todo nuestro cuerpo alimento?

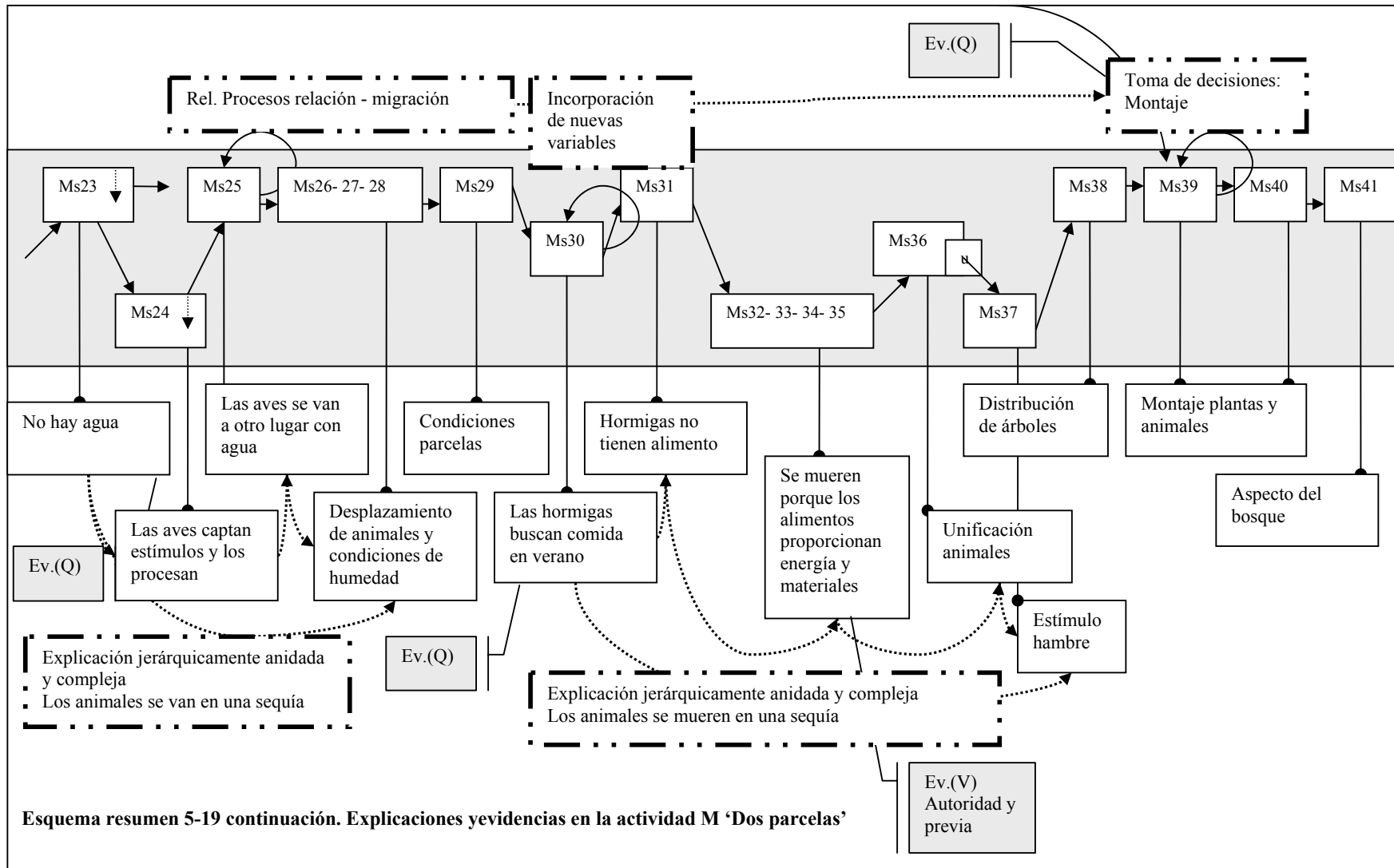
Na.- porque si no moriríamos porque estaríamos pálidos y

En las secuencias en las que la evidencia se produce en *interacción* identificamos que se utiliza la *maqueta* como fuente de evidencias, excepto en una, la *Ms32*, en la que se hace alusión a *experiencias anteriores* de los escolares respecto a la nutrición.

### **5.6.2.3. Síntesis de las evidencias: La integración de evidencias en la explicación**

Para visualizar los momentos en que se presentan evidencias y los procesos de construcción del modelo que apoyan, hemos complementado el esquema 5-18, situando las evidencias y generando el esquema 5-19. Las evidencias se representan en recuadros de tipo ‘llamada’ usando una línea continua y un sombreado gris que nos permite identificarlas como elementos nuevos.





Para la actividad M, en el indicador evidencias podemos sintetizar:

1. En relación al **tipo de evidencias y su uso**. Encontramos evidencias derivadas de la **maqueta**, así como por **otras fuentes: experiencias antecedentes** de los escolares y **autoridad**. El uso de las evidencias se hace **de forma interrelacionada**.
  - 1.1. En cuanto a las evidencias por **maqueta** es la evidencia más utilizada, especialmente por los alumnos y en interacción. Encontramos que en esta actividad la maqueta **se constituye en un intermediario** en cuatro sentidos.
    - 1.1.1. La maqueta 1) permite mantener un punto de retorno al cual se vuelve tras cada explicación jerárquicamente anidada, siendo un referente para la comunicación en la clase, 2) genera una serie de ejemplos y contraejemplos accesibles a los escolares, los ejemplos y contraejemplos apoyan la construcción de nuevos significados y aportan sutilezas en la interpretación de los hechos. Su diversidad permite la generación de diferentes momentos posibles para la integración de los escolares al discurso y el conectar con diferentes intereses. Podemos decir entonces que **la maqueta se convierte en un intermediario entre los diferentes niveles de construcción de los escolares**.
    - 1.1.2. La maqueta permite establecer reglas del juego para la modelización, pero también otras reglas que dan flexibilidad a la simulación para propiciar situaciones didácticamente ricas y significativas (reglas del juego para la gestión de la representación). Por ello podemos decir que **la maqueta se convierte en un mediador entre el modelo de las docentes y los modelos de partida de los escolares**.
    - 1.1.3. Al inicio de cada explicación jerárquicamente anidada que se construye, la maqueta se presenta como punto de partida. Si bien la maqueta no propicia la mirada a los mecanismos no obstaculiza la visión escalar ya que permite a los escolares visualizar las constricciones y producir generalizaciones o ejemplificaciones. Podemos decir que **la maqueta se constituye en un intermediario entre los hechos del mundo y los hechos científicos**.
    - 1.1.4. La maqueta permite a los escolares la discriminación de condiciones que afectan a los seres vivos, su comparación y su aplicación al modelo. Podemos decir por ello que **la maqueta se convierte en un intermediario entre un fenómeno de difícil representación y las ideas de partida de los escolares**.
  - 1.2. En cuanto a las evidencias por **otras fuentes, éstas son po autoridad y experiencias antecedentes**. Las de autoridad son utilizadas tanto por las

docentes como por los escolares, incluso compartiendo la autoridad que brinda el conocimiento construido con antelación. Se presentan, al igual que las evidencias por experiencias antecedentes, básicamente **en las secuencias de mecanismos**.

1.3. En cuanto al uso de las evidencias. Encontramos que se utilizan de forma interrelacionada y dan un sentido de contraejemplo a la actividad M.

1.3.1. Las necesidades explicativas producen que se **conjuguen diversos tipos de evidencias** creando una **interacción dinámica y compleja, aportando al mismo tiempo riqueza en el discurso**.

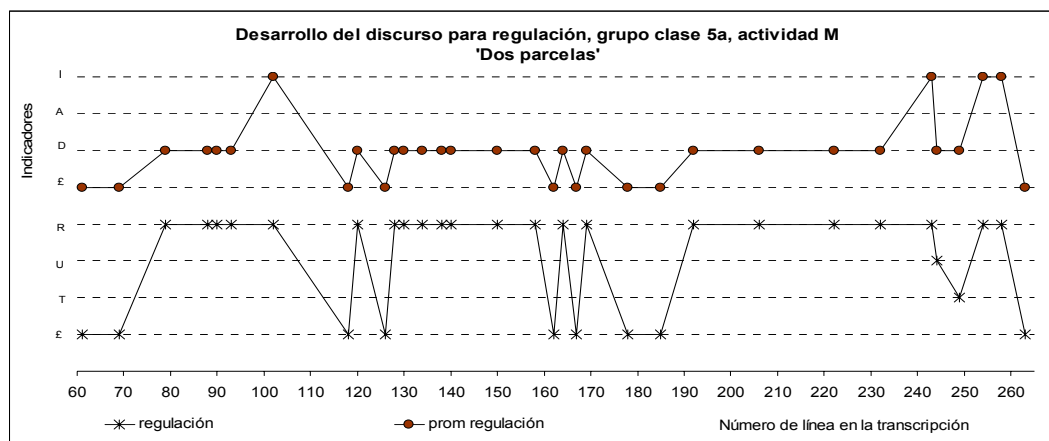
1.3.2. En las evidencias se utilizan constantemente los comparativos y el uso de ejemplos y contraejemplos, así mismo se recurre a ideas construidas con antelación, ello nos lleva a pensar que la actividad M se constituye **en un contraejemplo en la simulación de la maqueta**.

2. En cuanto a la **construcción de nuevos significados**, registramos que tanto las evidencias por experiencias anteriores, por autoridad y por maqueta se complementan para respaldar la generación de las explicaciones jerárquicamente anidadas. **La maqueta** genera situaciones a explicar y permite visualizar constricciones, sin embargo, **no es suficiente para respaldar la argumentación de los mecanismos** en los que se recurre a evidencia por experiencias anteriores de los alumnos y a autoridad tanto de los alumnos como poseedores del conocimiento construido, como de las docentes.

### 5.6.3. Análisis de la regulación

A continuación presentamos el análisis de los indicadores relacionados con la regulación. Partiendo de los resultados de la segunda etapa del análisis construimos la gráfica 5-15 en el eje de las ordenadas se presentan los símbolos: **no hay regulación** (£), **transformación** (T), **uso** (U), **regulación** (R), **docente** (D), **alumnos** (A) e **interacción** (I). En el eje de las abscisas el número de línea en la transcripción.





**Gráfica 5-15.** Distribución en el tiempo de los indicadores relacionados con regulación y quién la promueve, en la actividad M 'Dos parcelas'.

### 5.6.3.1. La regulación

Como hemos mencionado en las secuencias *Ms1* a la *Ms8* se regula el ejercicio de redacción de un texto realizado por los escolares con antelación, por lo tanto estas ocho secuencias son básicamente de regulación de las ideas en relación al modelo que se construye.

En la secuencia *Ms9* se inicia la simulación. Tanto en ésta como en la *Ms10* **no hay regulación**. En la secuencia *Ms11* identificamos que la docente ejerce una **regulación** sobre la forma en que los escolares expresan sus ideas. Como podemos observar en el fragmento, la docente pide que los escolares digan los “por qué” de las observaciones que realizan. Por otra parte solicita que dicha causalidad se relacione con ideas específicas, es decir con las tres funciones del modelo ‘ser vivo’: “traten de utilizar las ideas que hemos aprendido”. Así, la docente *solicita que los escolares expresen de manera completa la causalidad*.

#### Fragmento Ms11

Na.- que si sólo le diera el sol y no hubiera agua las plantas se secarían | y en la otra se ahogarían porque habría mucha agua

D1.- **nos faltan otros porqués | por ejemplo por qué se morirían en una parte**

No.- == porque se secan

D1.- == **o por qué podrían vivir**

Na.- que donde no ha llovido | las plantas se mueren porque se secan y porque no tendrían agua para vivir | y en la otra

D1.- == **traten de utilizar las ideas que hemos aprendido**

Na.- **que no tendrían minerales que les hace falta ni agua para vivir**

En el fragmento anterior observamos que la regulación de la docente genera que las participaciones de los escolares pasen de ser del tipo: “que si sólo le diera el sol y no

hubiera agua las plantas se secarían y en la otra se ahogarían porque habría mucha agua”, a ser del tipo: “que [las plantas] no tendrían minerales que les hace falta ni agua para vivir”. Aunque las dos frases expresan constricciones, la segunda presenta una relación más clara con el modelo que se construye. Por ejemplo la frase “[las plantas] se ahogarían porque habría mucha agua”, no muestra que la niña no ha pensado en el modelo, sino que han recurrido a sus experiencias anteriores, sin embargo la frase “que no tendrían minerales que les hacen falta ni agua”, indica que la niña ha pensado en qué necesita una planta para vivir, y necesariamente en la función nutrición, ya que en otro caso no hubiera incorporado a los minerales como necesarios para una planta. La idea de que los minerales se requieren para que una planta viva es una idea generada básicamente en el ambiente escolar. Además, en las siguientes secuencias se observa que efectivamente los escolares recurren a aspectos relacionados con la nutrición.

En esta forma de regulación, que hemos registrado ya repetidamente en esta investigación, *las docentes solicitan a los escolares que verbalicen las causalidades implícitas y que expliquen sus puntos de vista*. Esta regulación tiene un *doble sentido* propiciar los procesos de *meta-cognición* del tipo ¿piensa por qué crees que pasa eso?, al mismo tiempo que un proceso de socialización de las ideas del tipo ¡dinos lo que piensas!

Si bien consideramos que es necesario realizar actividades individuales (redacciones o elaboración de dibujos) en las que los escolares interioricen los nuevos significados, también resultan valiosas las interacciones grupales dado que permiten la construcción interpersonal, que según Vigotsky es necesaria y previa a la integración interpersonal de los significados (Vigotsky, 1989) .

En las interacciones analizadas no identificamos específicamente a los niños y las niñas participantes, sin embargo, no es difícil imaginar que la participación entre los escolares no es homogénea. Aunque no es el objetivo de este trabajo analizar la participación individual, si se considera que existe una relación entre la construcción individual y la colectiva en el sentido que Vigotsky y Luria han planteado (Vigotsky, 1995). La forma de regulación que la docente realiza en la secuencia *Ms11*, puede propiciar que se establezcan unos significados construidos socialmente que después son interiorizados en diferente grado por los escolares. Es decir, *las docentes se vale de las construcciones que han realizado otros escolares, para ponerlas en un nivel comunicativo que apoye la construcción en interacción*.

En las secuencias *Ms12* y *Ms13* la **regulación** continúa en el mismo sentido que el descrito para la secuencia *Ms11*. La docente invita a los escolares a hablar más sobre las relaciones que han establecido. Los escolares inicialmente y de manera inmediata identificaron el agua como constricción, y tras la solicitud de la docente, amplían las variables consideradas al incorporar a los minerales. Su solicitud de establecer explícitamente la relación entre el agua y los minerales lleva a los escolares a *plantearse explícitamente la razón por la que han establecido la asociación* entre una y otra, la cual puede explicarse, como se ha mencionado, si estas dos entidades

se relacionan con el modelo de ‘ser vivo’, así nuevamente la docente solicita la *explicitación de la causalidad* y el *establecer la relación con el modelo*. En el fragmento siguiente observamos lo anterior.

Fragmento Ms13

D1.- **cuál es la relación entre el agua y los minerales?**

Na.- que **sin agua no podrían hacer su alimento**

Na.- **y los minerales también los necesitan para hacer su alimento y los absorben con el agua**

En la secuencias *Ms14* se identificó **regulación** en la que la docente, a través de una analogía, invita a los escolares a imaginar el proceso de absorción de minerales. De acuerdo a la actividad cognitiva realizada en las analogías los escolares han de relacionar lo conocido con lo nuevo (Linares, 2002).

Fragmento Ms14

D2.- però amb una canya | **les arrels el que fan és xuclar com una canya** |

D2.- a veure vosaltres heu intentat veure amb una canya | veritat que sí?

Ns.- sí

D2.- **i podríeu veure sòlids amb una canya?**

En la secuencia *Ms15* identificamos **regulación**. Se presenta en el momento en que una niña menciona: “disolver-se” (disolverlos) y un niño agrega “separarlos”. Por su parte la docente añade sentido a la palabra disolverse cuando agrega “*separar qué?, les particules*” (¿separar qué?, las partículas). Tanto el niño como las docentes ofrecen una definición, significativa para los escolares, del concepto disolver. Se trata de una *co-regulación del lenguaje realizada por los escolares y complementada por las docentes*.

Fragmento Ms15

D2.- entonces **que ha de fer l'aigua?**

Na.- **dissoldre'ls**

No.- **separar-los**

D2.- separar qué | les **partícules** | per tant fer-los més petits | que puguin anar pels tubets de les plantes sí?

Ns.- sí

D2.- arribaran per les tiges a les fulles | si **els trenca en trossets més petits?** | partícules cada vegada més petites i petites | i aleshores podria arribar a dalt?

Ns.- sí

D2.- **pero si ho fem en sec?** | en sec no podría veritat?

Ns.- no

En la secuencia *Ms16* **no hay regulación**. En la secuencia *Ms17* se identificó **regulación** en la cual la docente ejemplifica un proceso explicitado por un escolar, al mismo tiempo que complementa el mecanismo explicativo. *Con ello la docente lo pone al alcance de toda la clase, desempaquetando la información que el niño aporta al usar el lenguaje científico*.

5. Análisis interpretativo de la actividad M ‘Dos parcelas’

Fragmento Ms17

No.- **que també els animals captarien estímuls**

D2.- capten estímuls com de què hi ha una parella veritat | **aiii aquí hi ha una mosqueta molt maca || o no? || aii que m’agrada aquesta mosqueta | i capta l’ estímulo de com és | de quina forma és i el seu cervell li diu és guapa ehh | o no?**

...

En la secuencia *Ms18* **no hay regulación**. En las secuencias *Ms19* y *Ms20* la **regulación** se relaciona con comparación de las condiciones en las dos parcelas. Como hemos mencionado en esta actividad se plantean contraejemplos que permiten identificar similitudes y diferencias.

Fragmento Ms19

D2.- penseu en els animals **que més podrien anar a buscar i trobar o no**

Na.- menjar

Fragmento Ms20

D2.- **i què passa en un lloc i què passa en l’altre?**

Na.- que aquí estaria seco y aquí no

D2.- i per tant

Na.- que en la zona de sol se irían todos los animales y sería una zona como de desierto

En la secuencia *Ms21* se identificó **regulación**. La docente complementa la observación del estudiante sobre la intensidad de un incendio en la zona seca, hablando de la frecuencia de incendios en la zona húmeda. Como se observa en el fragmento, *la docente presenta así el complemento y genera el contraejemplo*.

Fragmento Ms21

No.- no hay plantas porque todas las plantas están secas || **y en la parte de lluvia si hay un incendio no sería tan fuerte**

D1.- esta idea es interesante | **quizás es más fácil que haya otro incendio en esta zona que está más seca | no?**

En la secuencia *Ms22* se identificó **regulación**. La docente *generaliza los ejemplos y contraejemplos comentados y los inserta en las funciones del modelo ser vivo*, que representan tres categorías abstractas de organización de las ideas, propiciando avanzar hacia la abstracción del modelo al generalizar.

Fragmento Ms22

D2.- **aquí ja ha sortit lo de la nutrició i la reproducció | no ha sortit lo dels estímuls | i després els animals els éssers vius | necessiten menjar | necessiten parella ...**

En la secuencia *Ms23* se identificó **regulación**. Aquí *se parte del modelo abstracto para ejemplificar, por lo que se realiza el proceso contrario* al descrito en la secuencia *Ms22*..

Fragmento Ms23

D2.- **poseu un exemple**  
D1.- **hablen de ciertos animales**  
D2.- **una mosca | una papallona | què farien?**  
No.- **els ocells/**  
...

En las secuencias *Ms24* y *Ms25* se **regulan** las ideas correspondientes al mecanismo en la que se relacionan aspectos de la función ‘relación’. Como podemos observar en los fragmentos, la regulación se realiza mediante *preguntas de la docente*.

Fragmento Ms24

...  
No.- llavors **els ocells sabrien que no hi hauria aigua?**  
D2.- **però com ho sap?**  
No.- **capta els estímuls** de que no hi hauria aigua?  
D2.- **amb què ho capta?**  
No.- **amb la vista**  
D2.- **i qui li fa conscient?**  
No.- **el cervell**

Fragmento Ms25

D2.- i què li diu el **cervell**?  
No.- que vagi a un altre lloc on hi ha aigua  
D2.- aquí no tens sort chaval! | sí o no?  
No.- sí

En la secuencia *Ms26* no se identificó **regulación**. En la secuencia 27, la docente relaciona la observación de la alumna con la función de reproducción, así el ejemplo aportado por la alumna se convierte en una restricción dentro del modelo.

Fragmento Ms27

D1.- los gusanos de tierra muchas veces **hacen su nido para reproducirse en un pequeño hoyo y si no lo puede hacer no se podría reproducir | verdad?**  
Na.- no

En la secuencia *Ms28* no se identificó **regulación**. En la secuencia *Ms29*, se **regula** la imagen que un niño tiene de las condiciones ambientales que se presentan en ambas parcelas. El escolar ha hablado de tormentas y fuertes lluvias, las docentes aclaran que son condiciones de lluvia moderada.

En las secuencias *Ms30* y *Ms31* **no hay regulación**. En las secuencias *Ms32* y *Ms33* la **regulación** se relaciona con el nivel de observación de los escolares. Las docentes realizan preguntas para que los escolares dirijan su mirada a los mecanismos. Esta es una *regulación de las explicaciones jerárquicamente anidadas*, en la cual *las docentes invitan a los escolares a integrar los mecanismos en la explicación*.

Fragmento Ms32

D1.- **qué pasa con las hormigas si no tienen alimento**

## 5. Análisis interpretativo de la actividad M ‘Dos parcelas’

Ns.- **se mueren**

D1.- **y por qué se muere una hormiga sin alimento?**

...

D1.- la sangre a dónde lleva el alimento | a qué parte de nuestro cuerpo?

Na.- a todo

...

### Fragmento Ms33

D1.- y por qué necesita todo nuestro cuerpo alimento?

Na.- porque si no moriríamos porque estaríamos pálidos y

D2.- = = a veure ens moririam no és cap raó | ni tindriem gana no és cap raó | nosaltres mengem perquè el nostre cos els necessita | per a dues coses sobretot | penseu per a què necessita el nostre cos l'aliment?

D1.- piensen todos | ya dijeron que el alimento no puede llegar a todas las partes de su cuerpo | pero cuáles esas dos funciones muy importantes del alimento || dejemos que todos piensen | quiero ver todas las manos levantadas <...> a ver solamente tres manos

Na.- porque ens acabem totes les **reserves**

D1.- ya lo dijo Marisol | y luego?

Na.- el cos quedaria dèbil i no podria fer cap activitat cap exercici

D1.- **por qué? | qué nos dan los aliemntos?**

Na.- **nutrients**

Na.- **fuerza**

D1.- esa fuerza para hacer las cosas cómo se llama?

No.- **energía**

D2.- **els nutrients per una banda i per la altra l'energia**

En las secuencias *Ms34* y *Ms35* se presenta **regulación**, ellas resaltan las ideas clave mencionadas por los escolares, de tal forma que quedan identificadas dos funciones básicas de los alimentos: proporcionar energía y materiales. Las docentes sintetizan el mecanismo relacionado con aspectos de la nutrición.

### Fragmento Ms34

D1.- esto es muy importante | cuando nos alimentamos usamos todo ese alimento que va por nuestro cuerpo **para tener energía para hacer actividades | y lo otro | es muy importante también | y para ustedes que están pequeñitos más todavía**

### FragmentoMs35

D2.- ... | **penseu que les proteïnes els lípids | en ajuden a dues coses | a créixer i a vosaltres sobretot i a nosaltres que no creixem i a vosaltres també a renovar parts del nostre cos | que no ens duren tota la vida | i el nostre cos les va regenerant i les van canviant | és com si tinguéssim una habitació i en certes hores canvien els mobles vells | el nostre cos va canviant les coses | per tant els necessitem per dues coses | per créixer i per renovar els cèl·lules mortes | i per tenir energia ...**

En la secuencia *Ms36* la **regulación** de la docente se da en el sentido de incorporar los mecanismos anteriores a todos los animales, especialmente a las hormigas.

En la secuencia *Ms37* hay **uso** de la palabra estímulo, que fue objeto de regulación en otra actividad. En la secuencia *Ms38* se presenta **transformación** del lenguaje. La docente introduce la palabra “parcela” para referirse a los dos lados de la maqueta,

que tienen condiciones diferentes. Nos llama la atención que la docente introduce la palabra al final del ejercicio y no al inicio. Puede ser que ella considere que en estos momentos la palabra parcela tiene un significado para los escolares que han estado hablando sobre las diferencias en las dos zonas.

En la secuencias *Ms39* y *Ms40* se presenta **regulación**. Los escolares han de colocar las plantas y animales en función a las explicaciones jerárquicamente anidadas que se han construido, pero al mismo tiempo en función a la historia de las transformaciones y la situación actual de la maqueta, en la que la presencia de otros seres vivos condiciona el lugar donde se han de colocar las plantas y animales. Esta regulación podemos considerarla una *regulación de la acción*. Esto lo observamos en los fragmentos siguientes.

Fragmento Ms39

D1.- **dónde estaban los pinos y dónde los encinos?**

Na.- **los pinos estaban aquí**

D1.- **puede ser que acá crecieran pinos | porque había luz | a los encinos les costaría mucho crecer porque crecen a la sombra de otros árboles**

Fragmento Ms40

[los niños pasan a poner animales en la parcela donde ha llovido]

Na.- **qué come?**

En la secuencia *Ms41* **no hay regulación**. Así finaliza la actividad M ‘Dos parcelas’.

### **5.6.3.2. Respecto a quién promueve la regulación**

Como podemos observar en la gráfica 5-15 las **docentes** son las principales promotoras de la regulación. En términos generales se puede decir que promueven que los escolares avancen en los procesos de abstracción y den significado dentro del modelo a las observaciones (o ejemplos). Sus preguntas y solicitudes llevan a mirar de el nivel concreto de los ejemplos (en este caso concretos en tanto son propuestos por la simulación en la maqueta) a los niveles más abstractos de las tres funciones, que se usan como categorías de organización a la vez que de interpretación de la información.

Las tres secuencias (*Ms15*, *Ms39* y *Ms40*) en las que la regulación se realiza en **interacción** corresponden a la regulación del lenguaje y a la regulación de la acción. La regulación de la acción se da al intervenir directamente y ‘actuar’ sobre la maqueta.

En la secuencia *Ms15* la regulación se da por los **alumnos/as**, se presenta co-regulación del lenguaje, en el cual un niño complementa palabra disolverse. Esto podemos observarlo en el siguiente fragmento.

Fragmento Ms15

D2.- entonces que ha de fer l'aigua?

Na.- **dissoldre'ls**

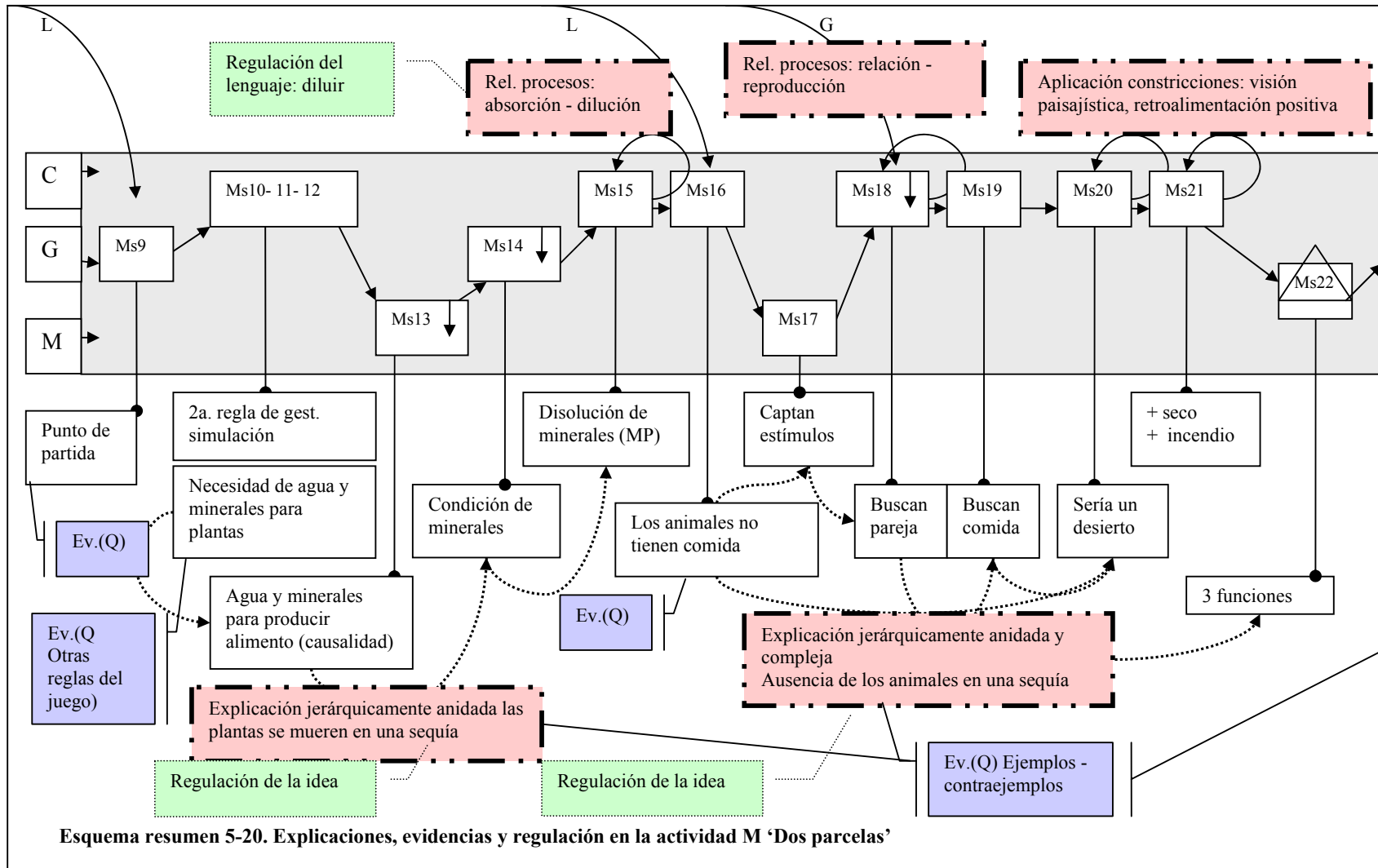
No.- **separar-los**

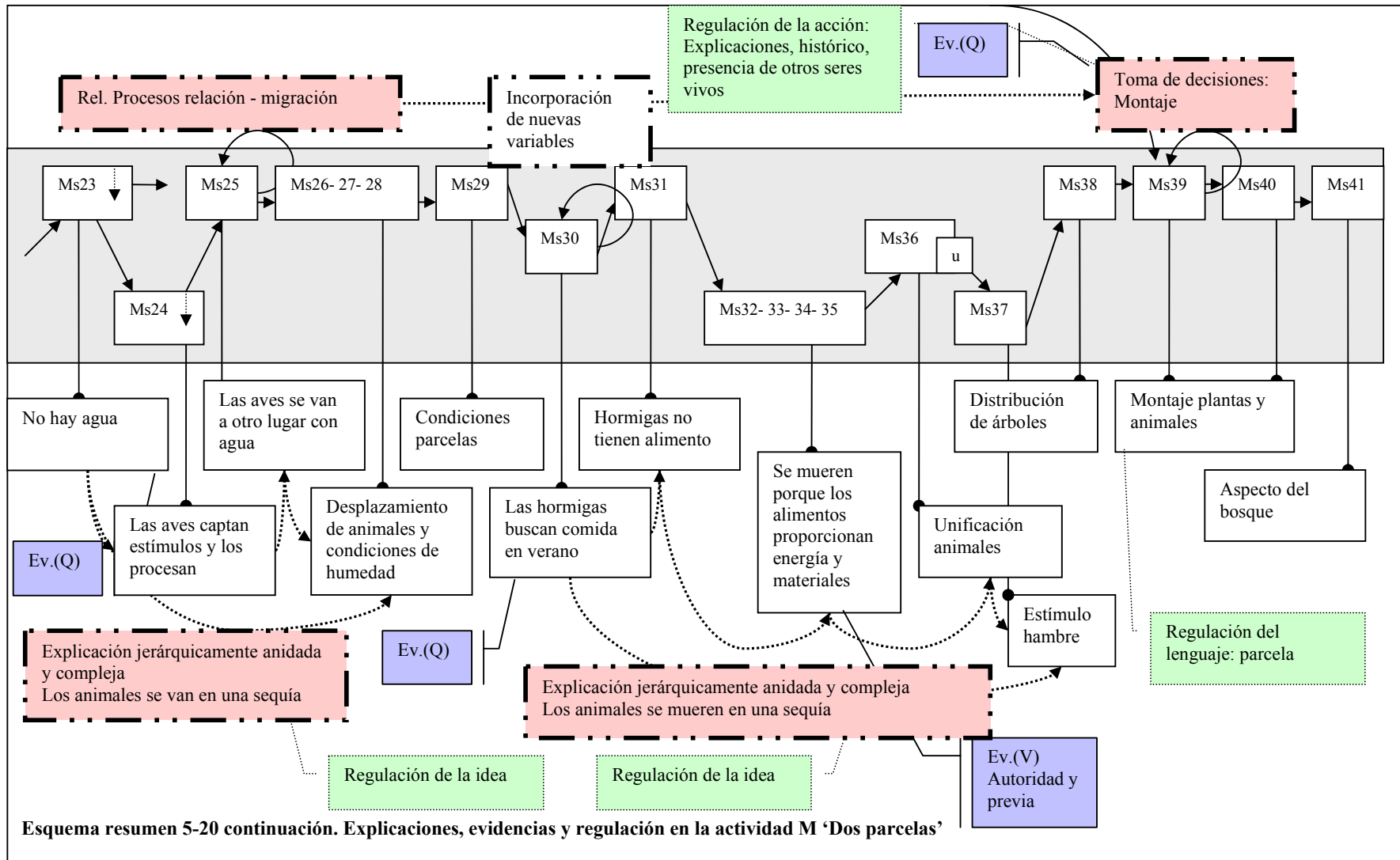
### **5.6.3.3. Síntesis de la regulación: De lo concreto a lo abstracto y viceversa.**

Tomando en cuenta los apartados anteriores construimos el esquema resumen 5-20, la regulación y transformación del lenguaje la colocamos en recuadros tipo ‘llamada’ con línea punteada y con fondo verde claro. Así, podemos sintetizar:

1. Constatamos **tres aspectos de regulación**: regulación de las ideas, regulación del lenguaje y regulación de la acción.
  - 1.1. **La regulación de las ideas**. Encontramos que ésta propicia la abstracción de las ideas del modelo a la vez que genera procesos de metacognición y socialización.
    - 1.1.1. Es promovida por las docentes quienes apoyan el pasar de los ejemplos a su explicación a partir de las tres funciones del modelo o de las funciones a ejemplos y solicitan **ampliar la causalidad** expresada de forma incompleta por los escolares. El uso de preguntas directas, analogías y generalización de los ejemplos y contraejemplos son estrategias que ayudan a los escolares a establecer relaciones causales, propiciando que se vaya **generando en los escolares la abstracción del modelo así como la aplicación** a situaciones concretas y variadas.
    - 1.1.2. La regulación de las ideas por parte de las docentes toma la forma ¿piensa por qué crees que pasa eso? al mismo tiempo que ¡dilo a tu compañeros/as! Estas formas implican un **proceso de metacognición y al mismo tiempo un proceso de socialización de las ideas**.
  - 1.2. **La regulación del lenguaje** se presenta con **por la precisión del significado** de la palabra ‘diluir’ y **por la transformación** de ‘cada lado de la maqueta’ por la palabra ‘parcela’. **En esta última encontramos co-regulación**.
  - 1.3. **La regulación de la acción** considera no sólo las explicaciones jerárquicamente anidadas sino el registro histórico de la maqueta y la presencia o ausencia de otros seres vivos. Se presenta **al actuar directamente sobre la maqueta**.







## Capítulo 6. Análisis global

---

6.1. La construcción de explicaciones jerárquicamente anidadas .....	391
6.1.1. Las generalizaciones .....	393
6.1.1.1. La simplificación .....	393
6.1.1.2. La unificación .....	395
6.1.1.3. La condensación .....	397
6.1.1.4. La ampliación de las generalizaciones.....	399
6.1.2. Los mecanismos.....	404
6.1.2.1. Construcción de entidades .....	405
6.1.2.2. Profundización en los procesos.....	406
6.1.2.3. La mirada a los mecanismos .....	408
6.1.2.4. Los mecanismos en las tres funciones del modelo .....	410
6.1.3. Las constricciones.....	412
6.1.3.1. La génesis y modelización de las constricciones.....	412
6.1.3.2. La aplicación de las constricciones en la toma de decisiones.....	414
6.1.3.3. Las reglas de gestión de la simulación.....	414
6.1.3.4. Las reglas para la modelización.....	415
6.2. La interacción: la función docente.....	417
6.2.1. El anclaje en la visión escalar .....	418
6.2.2. El anclaje en la proyección hacia la construcción de las tres funciones	419
6.3. Las evidencias.....	420
6.3.1. Evidencias por observación directa .....	420
6.3.2. Evidencias por otras fuentes: experiencias antecedentes y autoridad....	421
6.3.3. Evidencias por maqueta .....	421
6.3.3.1. Mediación entre un fenómeno de difícil representación y las ideas de partida de los escolares .....	422
6.3.3.2. Mediación entre el modelo de las docentes y los modelos de partida de los escolares .....	423
6.3.3.3. Mediación entre los diferentes niveles de construcción de los escolares.....	424
6.4. La regulación .....	426
6.4.1. La regulación del lenguaje.....	426
6.4.2. La regulación de las ideas.....	427
6.4.3. La regulación de la acción .....	428
6.4.4. La regulación global .....	429
6.5. La reconstrucción del hecho a partir del modelo.....	430

## 6. Análisis global

La finalidad que buscamos en este trabajo es aportar conocimiento sobre los procesos de modelización en el aula, específicamente del modelo de ser vivo desde una visión compleja, en la que consideramos las tres funciones de los seres vivos y los tres niveles de integración escalar. Esperamos que el modelo construido sea explicativo y ayude a los escolares a interpretar lo que sucede a los seres vivos cuando se producen perturbaciones en el ambiente.

Para focalizar nuestro interés en los procesos de modelización, buscamos esclarecer el papel de una maqueta como representación del bosque y en la simulación de un incendio forestal, para lo cual analizamos algunas actividades de aula, especialmente las de manipulación de dicha maqueta.

A partir de ello en este apartado, retomamos todos los resultados obtenidos en el análisis de las actividades y realizamos un análisis global orientado en cuatro planos: cómo se construyen las explicaciones jerárquicamente anidadas, cuál es la función de las docentes y de los escolares, cómo los diferentes tipos de evidencias apoyan dicha construcción y cómo se presentan los procesos de regulación a lo largo de la misma.

Inicialmente en la sección 6.1. *La construcción de explicaciones jerárquicamente anidadas* exponemos la forma como éstas se construyeron explorando lo que sucedió en cada nivel escalar y cómo se establecieron las relaciones entre niveles. Esta sección la abordamos integrando todos los elementos que confluyeron en su construcción. Por ello, en este primer punto contemplamos tanto el papel de las docentes y los escolares, como el de la maqueta y el de la regulación.

Valoramos que esta forma de exposición permite la visualización del proceso en su complejidad, dado que si bien los diferentes planos de análisis han permitido iluminar aspectos distintos, en el aula éstos actúan de forma simultánea y sinérgica.

Posteriormente nos centramos en la reflexión en torno a aspectos específicos. Así, en la sección 6.2. *La interacción: La función docente*, resaltamos el papel de la interacción entre docentes y alumnos/as, especialmente el de ellas como coordinadoras del proceso de modelización. Posteriormente en la sección 6.3. *Las evidencias: La función de la maqueta* abordamos el papel de la observación, la recuperación de experiencias antecedentes, otras fuentes de evidencias y el de la maqueta como mediador en la construcción del modelo. En la sección 6.4. *La regulación*, exponemos los tipos de regulación encontrada, los momentos en que se presentaron y especialmente el papel de la regulación global. Finalmente en la sección 6.5. reflexionamos a cerca de la reconstrucción del hecho de los incendios forestales a la luz del modelo ser vivo.

Este análisis global se basa en que realizamos con antelación de las actividades de la unidad didáctica (capítulo 5). Con la finalidad de facilitar la localización de los datos e interpretaciones de referencia, colocamos el número de página bajo el formato (act. M:366), que se refiere a que el dato o interpretación se encuentra en la página 366 de este documento, en el análisis de la actividad M.

## 6.1. La construcción de explicaciones jerárquicamente anidadas

Una de las aportaciones de este trabajo ha sido la propuesta de afrontar el proceso de modelización en el aula, a través de la integración de tres escalas desde las cuales mirar los fenómenos. La adaptación de la visión escalar la concretamos tanto en la propuesta de trabajo en el aula, a través de la unidad didáctica diseñada, como en el planteamiento metodológico del análisis de las actividades.

Proponemos la integración de tres niveles escalares de mirada de los fenómenos para generar un tipo de explicaciones causales que llamamos explicaciones jerárquicamente anidadas. En éstas se establecen relaciones entre las *generalizaciones*, en las que se identifica el patrón del fenómeno que se va a explicar, y que en el modelo ser vivo se encuentra en el nivel de organización 'organismo', los *mecanismos* en los que se busca la causa del patrón y que se encuentra en un nivel de organización inferior a organismo y las *constricciones*, que son los limitantes que condicionan que tengan lugar los mecanismos y su velocidad, y que se encuentran a un nivel superior al de organismo. Esta propuesta proviene de la adaptación que realizamos del planteamiento de los ecólogos Pickett, Kolasa y Jones (1994).

Los resultados indican por un lado, que la integración jerárquica es posible en la escuela primaria y por otro, que esta permite generar un proceso de modelización. A continuación explicitamos los significados construidos en cada nivel escalar (generalizaciones, mecanismos y constricciones) y la forma como éstos se integraron en una unidad funcional: las explicaciones jerárquicamente anidadas. Pasos ambos claves en el proceso de modelización que se dio en esta unidad didáctica.

En las actividades analizadas identificamos que prácticamente todas las secuencias discursivas estaban vinculadas con la construcción de este tipo de explicaciones. En los esquemas elaborados a partir del análisis de las actividades, podemos visualizar cómo se van generando las nuevas ideas y significados y cómo se van integrando a lo largo de todo el discurso (act. A: 181; act. D: 210; act. E: 248; act. G: 286; act. L: 337 y act. M: 387-388).

Al ser un proceso costoso, sólo se produjeron una o dos explicaciones jerárquicamente anidadas por actividad, excepto en el caso de la última en la que se generaron cuatro explicaciones, cosa coherente con el hecho de tratarse de una actividad de síntesis (ver tabla 6-1).

6. Análisis global

<b>Explicación jerárquicamente anidada</b>	<b>Generalización</b>	<b>Mecanismo</b>	<b>Constricción</b>	<b>Actividad</b>
<b>Intercambio de materiales entre seres vivos y el medio</b>	Los animales comen, las plantas producen su alimento y excretan	Los alimentos son materiales y hay transformaciones	←	A 'Construcción del esquema ser vivo'
<b>El movimiento en seres vivos, especialmente en plantas.</b>	Los animales se mueven, las plantas también	Los seres vivos captan información del medio y responden	←	A 'Construcción del esquema ser vivo'
<b>La semilla es un ser vivo</b>	Las semillas son seres vivos	Crece y hay transformaciones	←	D 'Maqueta sin seres vivos'
<b>Distribución agregada de árboles en la maqueta.</b> Integrada por cuatro explicaciones una para cada especie de árbol: pino, roble, encina y alcornoque	La semilla como elemento clave de la reproducción en árboles	←	Posibilidades de dispersión de la semilla (forma y peso), necesidad de luz y presencia de otros s.v.	E 'Montaje de los árboles'
<b>Los animales huyen durante el incendio dado que pueden ver, oír y sentir</b>	Los animales huyen, las aves salen volando	Captación de estímulos como información del medio y capacidad, diferenciada en cada especie, para dar una respuesta	Los recursos como alimento, pareja y refugio determinan el lugar al que los animales huyen	G 'Simulación de un incendio'
<b>El crecimiento de plantas tras un incendio</b>	Las plantas crecen después de un incendio	Necesidad de producción de alimento por parte de las plantas para crecer	Necesidad de semillas y de agua	L 'El bosque se regenera'
<b>El regreso de los animales al bosque</b>	Los animales regresan al bosque (a manera de condensación en una secuencia de constricción)	Percepción del alimento a través de órganos de captación de estímulos	Recursos limitantes para la alimentación	L 'El bosque se regenera'
<b>La muerte de las plantas en una sequía</b>	Las plantas sin agua se secan y se mueren	Utilización del agua, y minerales, absorción y utilización para la fabricación de alimento	Falta de agua y minerales, ubicación espacial y su relación con el agua a través de la disolución	M 'Dos parcelas'
<b>La ausencia de animales en una sequía</b>	No habría animales en la zona de sequía	Capacidad de captar estímulos y procesarlos	Falta de recursos para su alimentación y de pareja para su reproducción	M 'Dos parcelas'
<b>El desplazamiento de los animales en una sequía</b>	Los animales se desplazan a otros lugares en una sequía	Captación de estímulos, procesamiento y producción de una respuesta.	Falta de agua. Dureza del suelo y dificultad de desplazamiento de gusanos	M 'Dos parcelas'
<b>La muerte de los animales en una sequía</b>	Los animales se mueren en una sequía	Obtención de energía y materiales para crecer proveniente de los alimentos y el estímulo del hambre para comer	Falta de recursos para la alimentación	M 'Dos parcelas'

**Tabla 6-1.- Explicaciones jerárquicamente anidadas construidas en las actividades analizadas.**

Estos datos muestran que el proceso de construcción de explicaciones requirió la elaboración de un discurso articulado y complejo, en el cual se fueron relacionando unos pocos hechos con el modelo; relaciones que no eran ni inmediatas ni evidentes. Éstas se construyeron en cada nivel escalar sin dejar de establecer, entre cada uno, vínculos con la experiencia de los escolares.

Se trata pues de un proceso que es lento y en el que confluyen muchos elementos, tal como puso de manifiesto en el análisis de las actividades. Con la finalidad de extraer ideas generales y profundizar en todo aquello que sucede cuando nos situamos en cada nivel escalar, en lo que aporta cada uno de ellos a la explicación global y en cuál es el papel de la maqueta, de las docentes y de la regulación, en este ir y venir entre niveles, hemos analizado lo que sucede en cada nivel de observación escalar (generalizaciones, mecanismos y constricciones), para finalmente interpretar cómo estos significados se integran para generar las explicaciones jerárquicamente anidadas.

### **6.1.1. Las generalizaciones**

La generalización se refiere a la identificación de patrones que serán explicados mediante mecanismos y constricciones. Un patrón señala una regularidad en una o varias características de los seres vivos. Las generalizaciones son parte del modelo en tanto y cuanto el patrón construido ha de ser significativo desde éste, concretamente desde el modelo de ser vivo.

En las actividades analizadas identificamos tres tipos de generalizaciones: simplificaciones, unificaciones y condensaciones. Aunque la finalidad es la misma en los tres tipos -realizar una generalización significativa desde el modelo y que conecte con la experiencia de los escolares-, el proceso seguido para construir cada una fue distinto.

Por ello, a continuación exponemos dicho proceso para cada tipo de generalización, y las implicaciones didácticas que podemos derivar. Posteriormente analizamos el proceso de generalización de forma global haciendo especial énfasis en la forma como detectamos que los escolares ampliaban sus generalizaciones y creaban nuevos significados en relación al modelo de ser vivo.

#### **6.1.1.1. La simplificación**

La simplificación la definimos como la identificación de la esencia del fenómeno, en este caso, de las regularidades que los escolares pueden observar en los organismos y que son significativas en referencia al modelo de ser vivo. En las actividades encontramos que las secuencias discursivas de este tipo eran generalmente numerosas y extensas.

Analizando los momentos en que hubo secuencias de generalizaciones por simplificación, observamos que el proceso fue similar a la acción de definir, es decir identificar las condiciones suficientes y necesarias para caracterizar a los seres vivos. Este era un proceso complejo que no se realizaba enunciando la definición, sino que los escolares la construían a partir de la confluencia de diversos procesos cognitivos.

Como advertimos en esta unidad didáctica, en el aula se realizó con los escolares un proceso que implicó *comparación y clasificación* (plantas – animales), *identificación de elementos comunes* (se mueven), *discriminación* (qué es moverse), *asociación* (las plantas también se mueven), *abstracción y síntesis* (los seres vivos, incluidas las plantas, se mueven dado que reciben información del medio) (act. A: 157-159).

Desde la visión del experto o para una persona que ya ha construido el modelo, identificar la esencia del fenómeno resulta relativamente fácil. Pero para los escolares representó un camino largo, a través del cual iban ampliando sus generalizaciones de partida a través de procesos de simplificación. Por ejemplo, encontramos que las generalizaciones de los escolares sobre los seres vivos incluían inicialmente sólo a los animales, a pesar de que podían verbalizar que las plantas eran ‘seres vivos’. El proceso de simplificación se dirigió a que la inclusión de las plantas en el conjunto de seres vivos fuera significativa, a partir de reconocer que comparten una serie de características propias del modelo que ya identificaban en los animales (act. A: 159).

En este sentido identificamos principalmente tres formas de ampliar las generalizaciones a través del proceso de simplificación. La primera orientada a superar la dicotomía plantas – animales, que se observa claramente en la actividad A, pero que es retomada en otras actividades (act. E: 213). En todas ellas se busca reconocer qué tienen en común ambos grupos, qué es aquello que les da unidad frente a la diversidad.

La segunda forma de ampliación de las generalizaciones se derivó de problematizar las generalizaciones. Podemos observar un ejemplo en la actividad D, cuando surge la controversia sobre si las semillas son o no seres vivos, o en la actividad L en la que se genera una controversia sobre la procedencia de las semillas del banco de semillas. Las controversias eran planteadas tanto por los escolares (act. D: 191) como por las docentes (act. L: 307).

La tercera forma de ampliación de las generalizaciones la encontramos al dar unidad a un grupo de seres vivos a través de identificar sus características comunes y sus diferencias, siempre en relación a aspectos significativos desde el modelo. Un ejemplo fue cuando para los cuatro tipos de árboles colocados en la maqueta se reconoce que se reproducen a través de semillas, y aunque éstas pueden ser morfológicamente diferentes, su función para la continuidad de la especie es la misma (act. E: 213-218).



La intervención de las docentes, en los tres casos, se dirigió a apoyar los procesos cognitivos mencionados partiendo de la experiencia de los escolares. Para ello retomaban algunas de las experiencias e ideas expresadas por éstos, jerarquizándolas y llamando la atención sobre los atributos a resaltar. Su papel no fue tanto el de afirmar cuál era la buena generalización, sino el de promover que se confrontaran las distintas ideas expresadas o experiencias y al mismo tiempo que se fueran seleccionando y adoptando las más significativas. También el de proponer otras experiencias a los escolares (por ejemplo, observación de diferentes tipos de semillas act. E: 230). Así, las docentes negociaban con los escolares no sólo los significados, sino también las experiencias.

Esta negociación de experiencias fue debida a que la simplificación es la parte de las explicaciones que de una forma más directa establece la relación con el fenómeno del mundo. El patrón identificado por los escolares tenía que ver con su experiencia directa en el mundo. En este caso, al generalizar hacían una abstracción proveniente de su experiencia directa con los seres vivos, que en esta investigación hemos observado que estaba más vinculada con los animales que con las plantas. Por tanto, valoramos que en aula se realicen actividades para incrementar la experiencia de los escolares con las plantas y posteriormente realizar la abstracción necesaria para ampliar la generalización.

El proceso de simplificación fue de suma importancia en la construcción del modelo, dado que permitió a los escolares establecer una conexión entre sus experiencias sobre el mundo y aquellas ideas que son significativas desde el modelo y que serían explicadas a través de los mecanismos y las constricciones. Dadas las características de este proceso en el aula, en la ciencia escolar han de incluirse actividades que amplíen la experiencia en el mundo y rescaten las experiencias antecedentes de los escolares, como base empírica para el proceso de modelización. Reconocemos que durante este proceso no sólo se organizan las ideas de los escolares sino también sus experiencias en el mundo, dando así unidad a una serie de vivencias que parecen desconectadas, y que sin embargo se aglutinan alrededor del modelo ser vivo.

#### **6.1.1.2. La unificación**

La unificación la definimos como emparejamiento de dominios. En las actividades analizadas registramos que la generalización por unificación era el tipo de generalización más escasa, lo cual es congruente con el tipo de actividad cognitiva que se requiere para realizarla.

Para entender el proceso de unificación que se presentó en las actividades es preciso aclarar que entendemos por dominio en este trabajo. Un dominio es un conjunto de fenómenos que tienen unidad respecto a ciertos atributos y puede ser significativo dentro del modelo cuando tiene unidad respecto a atributos relevantes dentro del mismo. En este caso los animales pueden considerarse un dominio para los escolares en el que identifican por ejemplo el intercambio de materiales con el medio (act. A:

155). Los insectos, aunque forman parte de los animales, inicialmente no eran parte de este dominio, ya que los escolares no consideraban en relación a ellos el intercambio de materiales con el exterior; para ellos éstos eran un dominio que tenía unidad por atributos que no son significativos en el modelo, como el hecho de que son “bichos” de seis patas.

A lo largo del análisis de las actividades, también notamos que los escolares tienen dominios generados que son diferentes para cada función e inclusive para cada proceso dentro de la función. Por ejemplo, en el caso del intercambio de materia mencionado anteriormente, los escolares parten de un dominio que incluye seres humanos y animales (act. A: 155); sin embargo para la reproducción, fue necesario a través de un proceso de simplificación, generar un dominio partiendo de los seres humanos respecto a la transmisión de información entre generaciones. Se partió de la generalización de que padres y madres e hijos/as se parecen. Posteriormente a través de un proceso de unificación se incorporó a los animales en este dominio (act. C).

Podemos observar en los ejemplos mencionados, dos diferencias entre los procesos de simplificación y de unificación encontrados:

En primer lugar, a diferencia de la simplificación, en la que a través de una serie de procesos cognitivos y con continuas comparaciones con la experiencia se produce una generalización, en el caso de la unificación encontramos que se establecen comparaciones entre un dominio que ha adquirido sentido en el modelo y uno que tiene unidad por otros atributos. A través de ella se establecen paralelismos inmediatos respecto a las características que comparten relacionadas con el modelo.

En segundo lugar además, en la simplificación se identifica la esencia del fenómeno, generando un dominio, pero posteriormente se establecen relaciones con los mecanismos que explican el patrón identificado. Es de esta manera que el dominio adquiere significatividad dentro del modelo. Para los animales, por ejemplo, se habló de intercambio de materia con el medio, para los humanos de transmisión de información. Generada esta unidad explicativa es cuando es posible realizar una unificación (act. M: 351). Podemos afirmar que dentro de la modelización la unificación es un proceso de orden superior respecto a la simplificación, ya que arrastra también a los mecanismos causales.

Como hemos mencionado para realizar una unificación se debe tener generado un dominio significativo dentro del modelo y para ello se requiere un proceso de simplificación que le anteceda. Destacamos que la unificación funcionaba principalmente a manera de una *analogía*, del tipo “bueno pues igualmente sucede con los insectos” (act. G: 259). Consideramos que la generación de un dominio no se produce en términos absolutos, sino que éste se va formando a través de ir integrando atributos que tienen un soporte en la experiencia de los escolares. En el ejemplo ilustrado, el hecho de que los escolares reconozcan a los insectos como una unidad es un antecedente necesario.

Al funcionar a modo de analogía la unificación es una forma de ampliar las generalizaciones de los escolares que permite avanzar claramente en la construcción de nuevos significados. En las actividades encontramos casos en los que los escolares elaboraban dichas unificaciones, manifestando una comprensión de los aspectos analogados en el modelo (act. C).

Todo ello nos hace pensar que una recomendación posible para las docentes al trabajar en la construcción del modelo ser vivo es propiciar que se generen un mayor número de secuencias de unificación, ya que según los resultados que hemos obtenido, dado que funcionan como analogía, resultan una manera muy potente para ampliar las generalizaciones de los escolares y avanzar en la modelización.

### **6.1.1.3. La condensación**

La condensación la hemos definido como una abstracción que resume los atributos de un dominio. En el caso de la unidad didáctica se utilizó una condensación de un alto nivel de abstracción y generalidad: ‘los seres vivos se reproducen, se nutren y se relacionan’ (con un entramado de ideas asociadas a esta condensación). Ésta se generó al principio de la unidad didáctica y se fue reconstruyendo a lo largo de toda ella, de manera que los escolares fueron interiorizando cada vez más su significado.

A partir del análisis sobre la forma en que se construyeron significados alrededor de la condensación tomada en la unidad didáctica podemos diferenciar dos etapas: Primero una en la que se construyó la representación inicial de la condensación, que tuvo lugar durante las primeras actividades de la misma. Posteriormente una segunda, en el resto de las actividades, en las que se le fue dotando de mayor contenido al relacionar la condensación tanto con otro tipo de generalizaciones como con los mecanismos y las constricciones. A continuación se profundiza en los resultados obtenidos en cada etapa.

#### *La condensación en las primeras actividades.*

Cuando consideramos toda la unidad didáctica en su conjunto vemos que en las actividades iniciales se construye una primera representación de la condensación, específicamente en las actividades A, B y C que están dirigidas a elaborar el esquema de orientación de ser vivo. Se perseguía generar el punto de referencia para pensar y hablar sobre los seres vivos. Por ello se introdujeron las tres funciones (reproducción, relación y nutrición) que operarían como categorías superiores para ayudar a organizar las ideas y las experiencias de los escolares.

Los escolares tenían múltiples ideas sobre la nutrición y la reproducción. Sin embargo, evidenciamos que la mayoría de esas ideas no estaban organizadas alrededor de categorías superiores. Durante la construcción de la primera representación de la condensación una actividad importante fue organizar y categorizar las ideas de los escolares en un mapa o base de orientación, que permitía

establecer unas relaciones básicas para poder hablar de las funciones y sentar un punto de partida común a la clase. Por ejemplo, se organizó dentro de la nutrición como intercambio de materia y energía la idea de excreción, la cuál los escolares mencionaban como común a los seres vivos pero sin vincularla con dicho proceso de intercambio de materiales con el medio (act. A: 161). Otro ejemplo de organización de la información en categorías superiores lo tenemos cuando el parecido entre padres e hijos debido a la transmisión de información a la descendencia se relaciona con la función de reproducción el (act. C).

Por otra parte, y como discutiremos más adelante en la sección de los mecanismos, sobre la función de relación los escolares tenían una escasa construcción de ideas. Por ello, fue necesario introducir las ideas de manera paulatina, inicialmente a través de un largo proceso de simplificación. Por ejemplo, con la superación de la dicotomía plantas – animales respecto al movimiento como respuesta a estímulos (act. A: 159).

Esta organización de las ideas en torno a las tres funciones evidenció los diferentes grados de construcción que los escolares tenían para cada función y las necesidades específicas de trabajo para cada una. Por ejemplo, se introdujo en la planificación de la unidad didáctica una actividad que no estaba prevista para tratar de forma específica algunas ideas de la función relación (act. K).

Si bien la condensación se construyó en las actividades iniciales, se observó que aunque la frase sumaria de referencia para hablar y entendernos siguió siendo la misma en toda la unidad didáctica: los seres vivos se relacionan, se nutren y se reproducen, esta frase fue tomando cada vez un mayor significado a partir del desarrollo del resto de las actividades, dando significado a su contenido al incluir más hechos, más relaciones y más ejemplos interpretados.

#### *La condensación en el resto de las actividades.*

En estas actividades la condensación generalmente se presentaba al inicio o al final de cada actividad. Podemos afirmar que cuando la condensación se presentaba al principio de la actividad, ésta provenía o de la revisión de un ejercicio anterior y de su regulación, llamando la atención sobre la necesidad de incluir las tres funciones (act. G:251) o como punto de partida para manipular la maqueta (act. E: 213).

Al presentarse la condensación al inicio de la simulación en la maqueta, ésta sirvió para ayudar a tomar conciencia de su función como base de orientación para pensar y promover la anticipación de la acción. En algunas ocasiones, se retomaban las tres funciones para llamar la atención sobre una en específico, que sería base de la argumentación para la actividad en cuestión (act. E: 213). En estos casos servía como referente para organizar las ideas y jerarquizarlas.

Cuando la condensación se presentaba al final de la actividad, ésta tenía que ver con recobrar y sintetizar las ideas de toda ella o las decisiones tomadas al mover los seres

vivos en la maqueta (act. L: 303 y M: 345). En ambos casos se utilizaba el esquema de orientación elaborado en las primeras actividades, el cual servía de referencia común para todo el grupo y de apoyo a los escolares para centrar la atención en las ideas del modelo e invitarles a ir organizando el discurso en torno a ellas. La condensación servía también como guía para plantearse la causalidad, es decir incorporar los porqués, desde una visión específica relacionada con el modelo (act. E: 213)

Para esta revisión de las acciones, la función de la maqueta era relevante ya que generaba un registro histórico, en el que fue posible recuperar las decisiones de los escolares, que a su vez se relacionaban con la argumentación realizada. Así el registro histórico de la maqueta en el que quedaban ‘escritas’ las decisiones de los escolares, permitía la regulación de la toma de decisiones (act. G: 274).

En este proceso la función de las docentes fue la de apoyar el proceso de abstracción, a través de retomar los ejemplos y significados construidos y solicitar a los escolares que los organizaran en las categorías superiores de la condensación. En otras ocasiones solicitaban ejemplos partiendo de las tres categorías (act. M: 346); así, las docentes llevaban constantemente a los escolares a ir de lo concreto y específico a lo abstracto y general y viceversa.

Por todo lo anterior podemos decir que la condensación tenía una función básicamente de *regulación*. A través de ella se organizaban las ideas en torno a tres categorías superiores, las tres funciones, que llevaba a relacionar las experiencias y significados construidos, con las funciones como punto de referencia y así favorecer la construcción del modelo.

Aunque el nivel de abstracción de la condensación es elevado, consideramos que ésta fue un respaldo efectivo para guiar tanto a las docentes como a los escolares en la construcción del modelo. Por ello podemos concluir que fue útil contar con una condensación que apoyase la regulación de las ideas, permitiendo su organización, y que funcionó como punto de anclaje para la gestión de la conversación.

#### **6.1.1.4. La ampliación de las generalizaciones**

Los resultados nos permiten afirmar que una tarea clave en este nivel escalar de observación fue la ampliación de las generalizaciones de partida de los escolares. Como ya mencionamos este proceso de ampliación se produce tanto en la simplificación como en la unificación. En el caso de la condensación, el hecho de ir dándole mayor significado, puede considerarse una forma de ampliación de la misma.

La ampliación de las generalizaciones se produce en tres dimensiones: ampliación de las experiencias de vida, ampliación de los patrones generados y que son

significativos para el modelo y ampliación del significado de la generalización al vincularla con mecanismos y constricciones.

*La ampliación de las experiencias en el mundo*

Nos referimos aquí a la incorporación de evidencias de diferentes tipos que permiten dotar de contenido empírico al modelo. En la unidad didáctica éstas tenían varios orígenes: observaciones directas en clase, recuperación de experiencias antecedentes, las relacionadas con la autoridad tanto de las docentes, los medios de comunicación, los libros, etc. y las derivadas de la elaboración y manipulación de la maqueta.

En el análisis de las actividades distinguimos que si bien para el nivel escalar de generalizaciones fueron utilizados todos los tipos de evidencia, las que provenían de la observación directa eran las más numerosas, lo cual es congruente con nuestra idea de que este nivel es el que más conecta con las experiencias del mundo de los escolares. Por ejemplo en la act. E: 234 se ve claramente que las evidencias por observación se utilizan en las secuencias de generalización, mientras que las evidencias por maqueta se utilizan en las secuencias de tipo construcción. Con ello los escolares partían de lo concreto para, con la ayuda de las docentes, ir hacia lo abstracto. Por ejemplo, en la actividad L: 300, 326 se observa reiteradamente este movimiento de lo concreto a lo abstracto.

Esto apunta la conveniencia de trabajar el modelo ser vivo por encima del de ecosistema en la escuela primaria. El que las evidencias por observación sean las más utilizadas es indicativo de que situar la generalización en los organismos (que conlleva trabajar el modelo ser vivo) es adecuado en esta edad de los escolares, puesto que les permite partir de sus experiencias en el mundo para avanzar en el proceso de modelización sobre los seres vivos.

En el proceso de ampliación de las generalizaciones la función de las docentes fue la de llamar la atención sobre los hechos del mundo y presentar nuevas experiencias (tanto por observación, como por maqueta), así como recobrar las experiencias antecedentes de los escolares.

Paralelamente, podemos considerar la maqueta una fuente de experiencias, ya que proporcionaba fenómenos a explicar (act. L: 323). Al manipular la maqueta los escolares elaboran generalizaciones de manera espontánea, tal como sucedió al hablar de la huida de los animales en un incendio (act. G: 274), el crecimiento de plantas tras el incendio (act. L: 307) o la vuelta de los animales cuando ya han crecido algunas plantas (act. L: 308).

Como mencionamos en el caso del incendio forestal, fenómeno complejo, la maqueta permitió simular una situación en la que podían recurrir a sus experiencias sobre los seres vivos y situarlas en el contexto del incendio forestal. Así, ésta les hacía accesible una experiencia que difícilmente podrían visualizar en el contexto escolar. En este caso la maqueta ayudó a la transferencia de experiencias a una situación

nueva, el incendio, y se convirtió en un mediador entre éste fenómeno y las experiencias de partida de los escolares sobre los seres vivos.

*b) La ampliación de los patrones generados que son significativos para el modelo*

A lo largo de las actividades pudimos ver que las generalizaciones se ampliaban en una segunda dirección al ser identificados algunos atributos específicos que se consideran significativos dentro del modelo. Estos atributos son características que comparten los seres vivos pero que serán explicadas mediante mecanismos y constricciones.

La ampliación de las generalizaciones en esta dimensión implicó la discriminación de experiencias y la identificación de dichos atributos. En este sentido reconocemos que a partir de la experiencia de los escolares se llamaba la atención sobre aspectos específicos, en los que se identificaban características relevantes, como por ejemplo el movimiento en plantas (act. A: 171) o se establecía la relación entre dos o más fenómenos, por ejemplo el que una planta crece y para ello es necesaria la presencia de una semilla.

Como ejemplo ilustrativo del segundo caso vimos que los escolares mencionaban que después de un incendio empiezan a crecer plantas. Esta observación es una generalización, sin embargo las docentes buscaron la ampliación de la misma para que los escolares incluyeran explícitamente la idea de que estas plantas provienen de semillas que a su vez provienen de otras plantas, produciendo una generalización con sentido en el marco del modelo (act. L: 328).

La asociación anterior relacionada con que las plantas que crecen provienen de semillas posibilita establecer una conexión con el modelo en la función de reproducción. Para la función de relación, por ejemplo, se identificó que las plantas se mueven, pero este movimiento se caracterizó diferenciándolo del transporte que puede ser realizado por personas al ‘mover’ las plantas de un sitio a otro y también del crecimiento, especificando que éste movimiento se produce como una reacción, por ejemplo cuando hay luz o deja de haberla (act. A: 157). En la función de nutrición se generalizó, por ejemplo, que los animales se mueren si no comen, mientras para las plantas el alimento se asociaba con materiales necesarios para fabricar los nutrientes, los escolares decían que se mueren si no hay agua y minerales (act. M: 342, 349).

En las actividades de la unidad didáctica analizada la función docente es básica para ampliar las generalizaciones en esta dimensión, apoyando la identificación de patrones significativos. En términos generales su papel fue el de resaltar, jerarquizar y relacionar las ideas importantes expresadas por los escolares para marcar ante el grupo clase cuál es la información relevante para generar el patrón.

Para lo anterior las docentes retomaban las experiencias que podían llevar a la ampliación de la generalización y elaboraban preguntas concretas en esa dirección.

## 6. Análisis global

Por ejemplo las docentes preguntan “¿las plantas nunca se moverán?”, “¿qué significa moverse?” Con ello centran la atención de la clase en este aspecto, dejando de lado otros que han mencionado los escolares sobre los seres vivos, pero que pueden no llevar a la ampliación de los patrones significativos desde el modelo, en este caso dejan de lado por ejemplo “los seres vivos tienen piernas” (act. A: 153).

Aunque el papel de las docentes es importante, también los escolares pueden generar el proceso de ampliación de la generalización en los patrones que son significativos desde el modelo, al incorporar diversas experiencias que sirven para dar sustento a la base empírica del patrón (act. A: 157, D: 199, E: 214, etc.). Además plantean controversias entre la forma de afrontar las experiencias, las cuales permiten identificar los atributos que les dan unidad y con ello superar las controversias. Por ejemplo, la controversia respecto a si las semillas son seres vivos (act. E: 199) es generada por los mismos escolares, quienes tienen diferentes niveles en la construcción de sus modelos. Esto ejemplifica la forma en que la construcción del conocimiento individual y colectiva se retroalimentan.

Tanto para generar el patrón como para darle sustento como generalización, tanto las docentes como los escolares recurrían a evidencias por observación, pero también a experiencias antecedentes. Así, los escolares se suman al proceso de modelización, identificando en su propia experiencia evidencias del patrón generado. Por ejemplo, en el caso del movimiento de plantas, un escolar menciona que en su país hay plantas ‘buenos días’ que se abren en la mañana y otros escolares hablan sobre las plantas carnívoras. Al mismo tiempo la maestra llama la atención sobre otros ejemplos menos evidentes como una planta presente en el aula que tiene las hojas orientadas hacia la ventana (act. A: 171).

En este sentido la generalización dio unidad a diferentes experiencias de los escolares y propició que el patrón identificado las englobara. Así, el modelo permitió explicar no sólo la observación sobre la planta en el salón de clase, sino otras vivencias de los escolares.

Cuando se manipula la maqueta también se propicia esta generación de patrones que incluyen varias experiencias. Por ejemplo, al simular el incendio se habla de la huida de los animales y los escolares mencionaron la huida de las aves, la huida de los mamíferos y también de los insectos. Dado que el incendio es un fenómeno en el cual los escolares tienen menos experiencias antecedentes construidas, ellos realizaron una transferencia de sus experiencias cercanas, para predecir la huida de los animales. Se produjo un patrón que sería posteriormente explicado con la función relación (estímulo – respuesta) y que incluyó varias experiencias que, aunque son diversas, nuevamente adquieren una unidad. La maqueta establece así un punto de partida compartido por los escolares y con una unidad debida al patrón construido, por lo que apoya la generación del contexto argumentativo (act. M: 340).

Estas generalizaciones que se habían ampliado a través de construir el patrón a explicar fueron sirviendo de base para la construcción de otras. Por ejemplo el



reconocimiento de que los árboles se reproducen con semilla (act. E: 213), se relaciona posteriormente a la necesaria presencia de semillas para el crecimiento de plantas tras el incendio (act. L: 291). Evidenciamos así una construcción en espiral que se sustenta a partir del nivel escalar de generalización.

*c) La ampliación del significado de la generalización al vincularla con mecanismos y constricciones.*

A lo largo de la unidad didáctica las generalizaciones se fueron ampliando en una tercera dimensión al vincularse con los mecanismos explicativos y las constricciones, cosa que permitió establecer relaciones entre diferentes niveles de observación escalar.

En el análisis de las actividades uno de los aspectos que resultó de interés fue la forma como las actividades o las docentes llevaban a los escolares a situarse en un nivel escalar o en otro y cómo se establecían las relaciones entre los niveles. En este sentido quedó claro que llevar la mirada a las generalizaciones resultaba para las docentes relativamente sencillo, seguramente debido a que en este nivel de observación se apelaba a las experiencias de vida de los escolares. Sin embargo, una vez situados en este nivel escalar encontramos que fue necesario proponer actividades para llevar a establecer conexiones con los otros niveles escalares. Por ejemplo, la generalización sobre el hecho de que los insectos pueden volver después del incendio se vinculó con la posibilidad de captar estímulos (mecanismo) y con la disponibilidad de plantas (constricción) (act. L: 312).

En este sentido la función de las docentes fue importante para conectar las ideas abstractas del modelo y el ejemplo concreto del que se hablaba en cada momento, apoyando la organización de la información en torno a las tres funciones básicas.

Ello llevaba a la organización de la experiencia y apoyaba a generación de dominios significativos desde el modelo. Por ejemplo, los escolares organizan su experiencia sobre lo que es un ser vivo y lo que no lo es (act. D: 200). En la actividad D observamos este proceso, en el cual se va complejizando una simplificación, cuando unos criterios iniciales ya no son suficientes para caracterizar lo que es un ser vivo. Primero los escolares utilizan los criterios de pertenencia y continuidad, sin embargo han de recurrir a los mecanismos relacionados con la reproducción para resolver la controversia, (act. D: 184)

En algunos casos la unificación de dominios arrastra los mecanismos o constricciones asociadas. En la actividad C los escolares generalizaron que de una persona nace otra persona, y no otro tipo de animal. Pero al mismo tiempo construyeron la idea de que las personas transmiten información de padres a hijos a través de los espermatozoides y los óvulos. Posteriormente, se produjeron dos unificaciones, una en la que se incorporó a esta explicación otros animales, como las serpientes; una segunda que incorporó a las plantas, y que fue construida por una escolar mediante la pregunta ¿pero las plantas tienen espermatozoides? (act. C). En

este caso la unificación conllevó la comprensión de la generalización, incorporando también los mecanismos explicativos.

Tal como observamos en las actividades analizadas establecer relaciones entre la generalización, los mecanismos y las constricciones generó nuevos significados de la experiencia que permitieron a los escolares identificar otras generalizaciones. Por ejemplo, la apropiación en la maqueta de una visión paisajística y una particular (de los elementos constitutivos del bosque), fue posible gracias al significado construido por los escolares al relacionar la reproducción por semillas de los árboles y sus posibilidades de dispersión (generalización – restricción) (act. E: 232). Esta doble visión de la maqueta les permitió realizar observaciones relacionadas por ejemplo con el posible lugar al que huirían los animales tras el incendio, relacionándolo con la disponibilidad de recursos (act. G: 260), o la posibilidad de presencia de semillas de diversos tipos para el crecimiento de plantas tras el incendio (act. L: 291).

En este sentido, la maqueta fue un elemento que permitió establecer con relativa facilidad relaciones entre las generalizaciones y las constricciones. Por ejemplo, la forma de la semilla y la posible dispersión por viento o por los animales (act. E: 238) la huida de los animales y la presencia del incendio (act. G: 273), o el regreso de los insectos al bosque cuando hay plantas para su alimentación (act. L: 292) o el que las hormigas buscan comida y la presencia de hojas o no dependiendo de que hubiera una sequía o no (act. M: 348). Nuevamente identificamos entonces la función mediadora de la maqueta. En este caso entre las generalizaciones de partida de los escolares y la ampliación de las mismas, dado que ayudó a identificar generalizaciones y relacionarlas con las constricciones.

Consideramos que la construcción de algunas generalizaciones estuvo sustentada en la generación de estos nuevos significados, y que de otra forma no hubieran sido accesibles a los escolares. Por ejemplo, en la actividad L, se retoman significados construidos en otras actividades, sustentándose en ellos las nuevas observaciones (act. L: 297, 300). En el análisis de las actividades vemos cómo reiteradamente son retomados significados así construidos en las anteriores para irlos integrando a las explicaciones (act. D: 187), igualmente podemos ver que la actividad de síntesis M ‘Dos parcelas’ es mucho más dinámica, debido a que se han construido ideas que se retoman en esta actividad y se usan de forma empaquetada (act. M: 387, 388). Evidenciamos entonces un proceso de construcción en espiral, en el cual un nuevo significado permitía no sólo una comprensión del fenómeno sino la elaboración de nuevas observaciones o nuevas preguntas por parte de los escolares, que les facilitaba avanzar en el proceso de modelización.

### **6.1.2. Los mecanismos**

Los mecanismos permiten explicar causalmente el patrón del fenómeno construido en las generalizaciones. Para el modelo ser vivo se encuentran en el nivel inferior a

organismo. En las actividades analizadas registramos que en este nivel escalar de observación se construyen entidades, se profundiza en los procesos y se establecen relaciones entre ellos todo ello vinculado con las tres funciones de los seres vivos: intercambio de materia y energía con el medio, capacidad de percibir y responder a la información y capacidad de perpetuación de la especie y transmisión de información.

A continuación profundizamos en los diferentes tipos de construcciones en este nivel escalar.

### **6.1.2.1. Construcción de entidades**

Las entidades las concebimos en este trabajo como unidades de significado que son específicas del modelo que se construye y del contexto argumentativo en el que se elaboran o usan. Estas nuevas ideas se nombran a través de una nueva palabra. Ejemplo de entidades que se construyeron y usaron en las actividades son ‘información del medio’, ‘materiales’, ‘excreción’ o ‘estímulo’, entre otras. Encontramos que las entidades se generaron en mayor proporción en las actividades iniciales de elaboración del esquema de orientación y se aplicaron en las actividades de manipulación de la maqueta.

Para la generación de una entidad a lo largo de la unidad didáctica, el proceso se iniciaba con la construcción de un significado nuevo, continuaba con la asignación de una nueva palabra idónea para etiquetarlo y se extendía a todas las actividades al darle uso a dicha palabra. No se trataba entonces de una sustitución de una palabra por otra, sino de dar nombre a una idea nueva. La nueva palabra establecía una relación con los mecanismos explicativos, al asociarse con una de las tres funciones de los seres vivos. Por ejemplo, la entidad ‘información del medio’, se vinculó con la función de relación (act. A: 179), o la de ‘materiales’ con la función nutrición (act. A: 178), o la de ‘información que se trasmite de padres a hijos’ con la función reproducción (act. C).

Por tanto, las entidades construidas pueden considerarse explicativas en tanto tiene un significado construido en interacción entre los escolares y las docentes y lo tienen también respecto a las funciones del modelo, en el contexto de esta unidad didáctica, por ejemplo la entidad materiales tiene un sentido para los escolares relacionado con la función nutrición que no es el sentido que podemos dar por ejemplo en la vida cotidiana a la palabra ‘material’ (act. A: 170).

Para dar nombre a una entidad, la nueva palabra era en ocasiones propuesta por los escolares, como por ejemplo ‘información del medio’, y en otras ocasiones propuesta por la docente, por ejemplo ‘estímulo’. Se introdujo así vocabulario que podía o no ser científico, pero que era significativo para los escolares.

Identificamos que para algunas entidades su utilización era inmediata, dado que al parecer los escolares las interiorizaban con facilidad, por ejemplo la entidad

*excreción* (se genera en la actividad A: 165), posteriormente fue usada de forma casi espontánea en el resto de las actividades, por ejemplo act. E: 212).

Sin embargo, para otras entidades se dio una progresión gradual en su uso, observamos que al inicio los escolares empleaban la nueva denominación generada por ellos/as mismos para posteriormente utilizar la palabra científica generalmente aportada por las docentes. Esto se ve claramente en el *movimiento* de plantas y animales, que se transformó y uso como responden a *información que reciben del medio* y posteriormente en responden a *estímulos* (act. A: 165). En estos casos la progresión se asociaba a un proceso de regulación de la docente y de auto-regulación por parte de los escolares, en el que a partir de ensayos en los que la palabra se confundía con otra o se pronunciaba mal o de forma incompleta (act. G: 281), se iba llegando a su uso completo y correcto (act. L: 333).

En este mismo sentido comprobamos que las entidades pertenecientes a la función relación eran para los escolares más difíciles de utilizar de manera inmediata. Seguramente era debido a que también tenían menos interiorizada la generalización de la función. Inclusive la misma entidad ‘relación’ era empleada por los escolares como lo que hemos llamado ‘descripción por omisión’. Así, los escolares describían la función sin asignarle el nombre, por ejemplo “la de captar información del medio” (act. G: 251, 256) en un primer momento y posteriormente “la de los estímulos”, para finalmente decir “es la relación” (act. L: 332).

Consideramos que esta graduación en la transformación de las palabras puede ser adecuada ya que permite a los escolares apropiarse paulatinamente de nuevos significados, al mismo tiempo que se respeta sus ritmos de avance y se les apoya con procesos de regulación.

Por otra parte, las actividades de manipulación de la maqueta permitieron generar el contexto común de argumentación teniendo los escolares la oportunidad de usar y regular las entidades construidas. En ese sentido la discusión en interacción entre docentes y alumnos/as, que permitió la participación activa de los escolares, fue valiosa dado que se abrían los espacios necesarios para la regulación. Por ejemplo, en la actividad G: 278, la interacción entre docentes y maqueta proporcionó a los escolares varias oportunidades para explicar la huida de diversos animales a través de la función relación y las entidades asociadas a ella.

### **6.1.2.2. Profundización en los procesos**

Los procesos en el modelo ser vivo son una serie de eventos que a nivel mecanismos ocurren en órganos, aparatos y sistemas y que incluyen también las consecuencias de las interacciones entre estos eventos. En el desarrollo de las actividades encontramos que se profundizó en los procesos relacionados con las tres funciones. Ello incluyó describirlos con mayor detalle introduciendo nuevas entidades e identificando relaciones causales nuevas o que se habían expresado de forma incompleta. Para

cada función se ahondó en aspectos específicos que se relacionaban con las necesidades explicativas derivadas de cada generalización y al mismo tiempo con los puntos de partida de los escolares.

Ejemplos de nuevas relaciones establecidas fueron, entre muchas otras: la absorción de agua y minerales por las raíces en plantas para la nutrición (act. M: 357), la transmisión de información de progenitores a la descendencia que causa similitudes, para la reproducción (act. C), la introducción del cerebro como el que interpreta la información en la relación (act. K), la relación entre el alimento y el aporte de materia para crecer y reproducirse y el aporte de energía, lo que permite a los seres vivos seguir con vida (act. M: 350), la incorporación de la idea de transformación de materiales que se ingieren y se excretan (act. A: 155), la idea de transformación de los seres vivos al crecer (act. D: 185), etc.

La intervención docente para llevar a los escolares a integrar las entidades en las explicaciones e identificar la causalidad se dio principalmente a través del planteamiento de preguntas directas e indirectas. Las preguntas directas pedían explícitamente realizar una relación, por ejemplo ¿cuál es la relación entre el agua, los minerales y el crecimiento de las plantas? (act. M: 342).

Por otra parte las preguntas indirectas eran de diferentes tipos, unas llevaban a los escolares a identificar de qué función de los seres vivos se podía estar hablando para después explicar el por qué. Por ejemplo ¿de cuál de estas tres funciones hablamos y por qué?, o a especificar significados ¿pero que quiere decir moverse? (act. A: 156), o el utilizar preguntas de formato homogéneo ¿cómo sabe un ave que hay un incendio? (act. G: 254).

En otros casos detectamos que los escolares expresaban la causalidad de forma incompleta y en otros casos implícita. En estos casos las docentes elaboraban preguntas indirectas con la finalidad de que los escolares fueran a los mecanismos, y pudieran argumentar dicha causalidad (act. M: 380).

Debido al nivel de progresión en que se encontraban los escolares en cada momento, vimos que en algunas ocasiones requerían que las preguntas se les planteasen en su entorno más próximo. Por ejemplo, para profundizar en la idea de transmisión de información de progenitores a descendencia la pregunta inicial se planteó en el entorno de los animales, pero ante la falta de respuestas de los escolares las docentes cambiaron al entorno de los seres humanos (act. C). Con ello lograron que los escolares pudieran ‘ir hacia dentro’ de ellos mismos o de sus padres y empezaran a construir un mecanismo explicativo.

Sin embargo, como quedó demostrado en el análisis de las actividades, los escolares también eran capaces de hacer transferencias a entornos más alejados, como otros seres vivos, especialmente otros animales y en algunos casos a las plantas. Por ejemplo, al hablar de la excreción en animales, los escolares realizaron la transferencia a excreción en plantas (act. A: 154), o la transferencia en relación a la

posibilidad de captar estímulos en insectos a partir de haberlo identificado en otros animales (act. L: 303). Encontramos que la aplicación de las ideas abstractas a ejemplos concretos apoyaba esta transferencia (act. M: 373).

La maqueta resultó un elemento importante para proveer de ejemplos y contraejemplos que apoyasen dicha transferencia. La apropiación por parte de los escolares de la diversidad tanto de los seres vivos que constituían la maqueta, como de relaciones posibles entre ellos y el medio, les permitía producir ejemplos o identificar los utilizados por las docentes (act. M: 373).

Con el apoyo por una parte de la maqueta como referente para toda la clase y en el que identificar las circunstancias específicas de que se hablaba y por otro de las docentes a través de las preguntas que formulaban, los escolares se movían del ejemplo concreto hacia las ideas abstractas de los mecanismos en cada función. Este movimiento se presentaba en dos direcciones, de la idea abstracta del modelo al ejemplo o del ejemplo concreto a la idea abstracta (act. M: 382). Podemos decir que el uso reiterado de ejemplos apoyaba la relación entre el hecho del mundo y el modelo, favoreciendo la abstracción.

También encontramos que en las primeras actividades los movimientos entre ejemplos e ideas abstractas eran pocos y muy guiados por las docentes. Sin embargo en las últimas, especialmente la actividad M, estos movimientos son menos dirigidos y más dinámicos. En esta última actividad vimos la elaboración de explicaciones complejas, es decir en las que los escolares incluían más de una función y que eran capaces de establecer relaciones incluso entre un ejemplo concreto y dos o las tres funciones del modelo (act. M: 387, 388). Esto puede haberse visto favorecido tanto por el dominio que los escolares ya tenían de los seres vivos colocados en la maqueta y de sus relaciones, como del hecho de que hubieran construido algunas ideas del modelo y por tanto de la apropiación del patrón temático de las docentes.

### **6.1.2.3. La mirada a los mecanismos**

En el análisis de las actividades reconocimos que en términos generales los escolares no dirigen de manera espontánea su mirada al nivel escalar de mecanismos. Por ello, fue necesaria la intervención directa de las docentes para guiar su mirada a este nivel escalar. Se identificaron algunas estrategias efectivas para ayudar a los escolares en ello:

*Elaboración de preguntas de formato homogéneo.*

Partiendo de las generalizaciones de los escolares las docentes elaboraban un tipo de pregunta que se repetía a lo largo de las actividades. Por ejemplo ¿cómo sabe un ave que hay un incendio? (act. G: 254), ¿Cómo sabe un insecto que ahí hay comida? (act. L: 304), etc.

En las primeras actividades el formato de pregunta homogéneo ¿cómo sabe un ser vivo lo que pasa en el medio? no estaba interiorizado por los escolares y había necesidad de que las docentes la replantaran varias veces y dieran indicios para su respuesta (act. G: 254). Sin embargo, en las últimas actividades el formato estaba interiorizado y los escolares dirigían su mirada a los mecanismos (act. M: 366), lo cual facilitó llevarles a un cambio de nivel escalar.

Al utilizar durante la unidad didáctica un formato homogéneo de pregunta, podemos decir que se iban creando una serie de códigos en las formas de hablar, en los que existía mucha información empaquetada que era compartida por la clase. Podría pensarse que el riesgo de esta estrategia es que se convierta en una señal para asociar ideas y que los escolares respondan sin reflexión. En este caso, puede verse en el análisis de las actividades que no fue así, ya que se identifica en repetidas ocasiones que las docentes hacen contra-preguntas y solicitan la elaboración de ejemplos concretos de aplicación para asegurarse que los escolares están pensando en los procesos de los que están hablando (act. 286).

Las preguntas de formato homogéneo pueden por tanto considerarse como rutinas en clase, las cuales según Cazden y Beck pueden ayudar a los estudiantes a atender a un pensamiento de orden mayor ‘*higher order thinking*’ (Cazden y Beck, 2003: 179). Por tanto, la elaboración de preguntas de formato homogéneo puede ayudar a los escolares a concentrarse en los mecanismos y no en las observaciones, como ellos suelen hacer.

Se percibe que el formato de pregunta “¿cómo es que un ser vivo ‘sabe’ qué sucede en el medio?”, una vez que es reconocido por los escolares, es sugerente ya que permite llevarles a dirigir la mirada a los mecanismos, especialmente a la función de relación, que como hemos mencionado es la menos accesible para ellos/as.

*Precisar el significado de las palabras.*

Otra forma en que se producía un cambio de nivel hacia los mecanismos era a través de la pregunta indirecta de especificar el significado de algunas palabras. Esta demanda requería a los escolares explicitar el proceso relacionado con la palabra. Por ejemplo, qué significa excretar (act. A: 155), qué significa moverse (act. A: 157), qué significa información (act. C: ver act. A: 158). En este sentido explicar concuerda con la idea de algunos autores sobre que es necesario recurrir al nivel de organización inferior para hacerlo (Llibourty, in: Veslin, 1988). Precisar el significado de las palabras en este caso es equivalente a *explicar* la idea que hay tras la palabra.

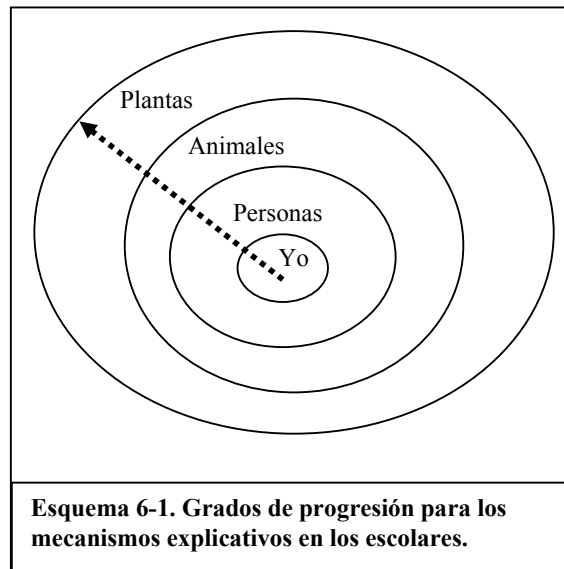
Dado que las docentes guiaban la mirada a los mecanismos, podemos decir que en este nivel escalar ellas iban tomando decisiones sobre qué tanto se profundizaba. Sin embargo, encontramos en el análisis que la propia dinámica de las interacciones creaba ritmos en la construcción de significados que no eran necesariamente controlados por las docentes (act. A: 156). Estos ritmos podían verse afectados por

las participaciones individuales y significativas de algunos escolares, por la actividad misma, por los objetivos a lograr en cada actividad y también por la percepción de las docentes sobre el ritmo y nivel de aprendizaje de los escolares.

Otro elemento a considerar es que en la construcción de los mecanismos las docentes buscaban partir del nivel en que se encontraban los escolares y esto en gran medida condicionaba también la dirección y cantidad de significados construidos (act. A: 156). De cualquier manera se hizo evidente en el análisis de las actividades que las docentes se encuentran constantemente tomando decisiones respecto a los caminos a seguir, en este caso hasta dónde profundizar en los mecanismos (por ejemplo act. L: 310). Parece que las docentes optaban por ir incluyendo progresivamente las ideas en las explicaciones y que buscaban que estas ideas fueran significativas para los escolares aunque fueran pocas. Esta toma de decisiones quedó evidenciada en las diferentes actividades (por ejemplo act. E: 232).

#### **6.1.2.4. Los mecanismos en las tres funciones del modelo**

Dependiendo de la función de que se hablase encontramos inicialmente diferente grado de desarrollo de los mecanismos explicativos por parte de los escolares. Nos referimos específicamente al nivel de cercanía del entorno en el que podían situar sus explicaciones, yendo de lo más cercano, ellos mismos, a entornos más alejados como otras personas, los animales (mamíferos y aves), los animales insectos y las plantas. Cabe mencionar que esta progresión concéntrica también puede aplicarse para las generalizaciones (Esquema 6-1).



Para la función nutrición, que al parecer tiene mayor tradición de trabajo en las aulas, el nivel inicial de los estudiantes incluía a las personas, a los animales y a las plantas. Estos los reconocían como unidad ante la nutrición y que este proceso se presenta en los tres grupos. En este sentido podemos decir que inicialmente los escolares tienen ya unos modelos intermediarios en desarrollo que incluyen algunos aspectos iniciales del intercambio de materia, aunque aún no el de energía. Por ejemplo, los escolares eran capaces desde las primeras actividades de hablar de excreción en animales y posteriormente en plantas (act. A: 156), sin embargo no reconocían el intercambio de energía en animales (act. M: 350).



Para la función de reproducción encontramos que el punto de partida de los escolares se situaba en reconocer que los seres vivos en general, incluyendo personas, animales y plantas, provienen de otros seres vivos. Pero al ir a los mecanismos explicativos respecto a la idea de transmisión de información el punto de partida de los escolares está en los seres humanos, aún no lo reconocen en los animales y en las plantas (act. C).

Por otra parte es interesante comentar que para la función de reproducción se identificó la semilla como elemento clave para progresar en los mecanismos explicativos de la continuidad en plantas. Inicialmente al reconocer a la semilla como ser vivo que crece y se transforma en una planta (act. D: 194), posteriormente en reconocer que la reproducción de árboles se da por semilla y qué esta tiene diferentes formas, pero la misma función de reproducción (act. E: 213), a continuación al identificar la necesaria presencia de semillas para la posterior presencia de plantas cuando el bosque se regenera tras un incendio (act. L: 291). En conclusión podemos decir que durante las actividades se construyó la idea de semilla, reconociendo su importancia en la continuidad de las especies de plantas.

Respecto a la función de relación podemos decir que los escolares no tenían mecanismos construidos y hubo de partir prácticamente por empezar a construir las ideas a nivel de ellos/as mismos (act. K). Recordemos que en esta función inclusive han de construirse las generalizaciones para prácticamente todos los grados de progresión.

Dado el incipiente nivel de desarrollo de los mecanismos explicativos de la función relación en los escolares, durante el desarrollo de las actividades encontramos que de forma recurrente confundían el estímulo con el sentido. Esto se observa muy claramente en la actividad G (act. G: 254) cuando ante la pregunta ¿cómo sabe el ave que hay un incendio?, los escolares contestan indistintamente haciendo alusión al sentido o al estímulo (porque lo huelen o porque hay olor, porque sienten o porque hay ondas de calor). Ellos/as no distinguían inicialmente entre los cambios en las condiciones del medio y la capacidad de los seres vivos para captarlos, también se observó la inexistencia inicial de relaciones con la transmisión y procesamiento de información observando la falta de relaciones con el sistema nervioso (act. K).

El resultado de esta falta de discriminación entre condiciones del medio y captación de estímulos es que los escolares mezclan en sus observaciones diferentes niveles escalares. Los cambios en las condiciones del medio son constricciones en el modelo ser vivo, mientras la captación de estímulos a través de los órganos de los sentidos son mecanismos. En este caso se identificó claramente que la visión escalar permitía a las docentes gestionar eficazmente la conversación y dirigirse de forma conciente a un nivel escalar específico y apoyar el que los estudiantes realizaran, así mismo, estas distinciones (act. G: 255).

Tras las actividades realizadas los escolares empezaron a establecer distinciones entre los cambios en el medio y los órganos de los sentidos y a incluir el cerebro

como quién traduce la información en animales (act. K). Como ya lo comentamos, dado que el punto de partida se situó en ellos/as mismos, el nivel logrado en mecanismos para esta función abarcaba sólo los animales (act. M: 351), no las plantas, aunque reconocían que también éstas responden a estímulos (act. A: 158).

Por otra parte y examinando las tres funciones del modelo valoramos la propuesta de Cañal (1999b) respecto a la necesidad de construir la idea de célula en el nivel inicial. Consideramos que el introducir la idea de célula puede hacer más significativo el trabajar con las funciones. Vemos posible trabajarla en el nivel primaria, como idea de parte que realiza las tres funciones, bajo una propuesta de modelización similar a la de Archer, Sanmartí y Arca (2004) para el modelo de discontinuidad de la materia, en el que se establecen las ideas básicas del modelo sin necesariamente caer en excesivas abstracciones que son inalcanzables para los escolares.

En cuanto a la función de la maqueta en la profundización de los mecanismos podemos afirmar que, durante la simulación, es este el nivel escalar que queda más alejado de los escolares. Sin embargo, la manipulación de la maqueta da pie a la elaboración de generalizaciones y preguntas (por ejemplo el caso de las preguntas de formato homogéneo ya descrito) que llevan la mirada hacia los mecanismos. Por lo anterior podemos decir que el uso de la maqueta no obstaculiza la visión escalar, al contrario permite abordarla. Empero, se identificó que la maqueta no llevaba a que los escolares de manera natural expresasen los mecanismos, sino que en todo momento fue necesaria la intervención docente para llevar a los escolares a este nivel de observación escalar.

### **6.1.3. Las constricciones**

Las constricciones son aquellos factores que limitan la presencia o velocidad de los mecanismos causales del patrón del fenómeno. En el modelo ser vivo este nivel se sitúa en las comunidades o el ecosistema como nivel superior al organismo. En las actividades analizadas encontramos que se generan y modelizan constricciones, se aplican a la toma de decisiones, y se generan y organizan dos tipos de reglas del juego: reglas de gestión de la simulación y reglas para la modelización. A continuación describimos los significados construidos en este nivel escalar.

#### **6.1.3.1. La génesis y modelización de las constricciones**

Las constricciones se generaban al tomar en consideración los factores del medio que limitaban los mecanismos y que tenían repercusión también en el patrón del fenómeno (las generalizaciones). Para ello las docentes hicieron hincapié en que el medio no sólo eran los factores abióticos sino también los otros seres vivos presentes (act. F).

Para la generación de las constricciones los escolares tienen un papel significativo y a todas luces mayor protagonismo que en el caso de las generalizaciones y los mecanismos.

Como hemos mencionado ellos/as elaboran generalizaciones, su papel es imprescindible para ir a los mecanismos. Sin embargo, en las constricciones no sucede así, ya que los escolares las visualizan y hablan de ellas espontáneamente, inclusive encontramos que no se ven condicionados por el nivel escalar impulsado por las docentes, sino que muchas veces ellos condicionan el nivel de observación de la conversación, llevándolo a las constricciones (act. M: 347).

Esta afirmación se ve reforzada con los resultados del análisis de la regulación, dado que fue en este nivel escalar en el que identificamos auto y co-regulación por parte de los escolares, al hacerse observaciones entre ellos/as o a ellos/as mismos en voz alta. Estas observaciones se referían generalmente a las decisiones tomadas al mover a los seres vivos en la maqueta (act. G: 284).

Parece que la familiaridad de los escolares con los elementos colocados en la maqueta y sus posibles interacciones les permite visualizar de manera autónoma diversas constricciones (por ejemplo act. E: 224). En este sentido la maqueta vuelve a mostrar su función mediadora entre un hecho de difícil representación y las ideas de partida de los escolares, permitiendo a estos relacionarlas con situaciones nuevas, apoyándoles para hablar de las constricciones.

Se encontró que al generar constricciones inicialmente los escolares eran capaces de identificar relaciones animal – animal, por ejemplo la presencia de pareja para la reproducción (act. M: 357) y animal – planta, por ejemplo la presencia de hojas para la alimentación de algunos insectos como las hormigas (act. M: 371). Sin embargo, las relaciones planta – planta hubieron de construirse con la ayuda de las docentes, por ejemplo en la actividad L: 299, en la cual fue laboriosa la construcción de la idea de banco de semillas, estableciéndose una relación entre las plantas existentes y la producción de semillas para su permanencia en el suelo y el posterior crecimiento de otras plantas.

En cuanto a la modelización de las constricciones que se refiere a la relación explícita entre la constricción y una o varias de las funciones del modelo, encontramos que era realizada por los escolares (act. M: 374), pero también muchas veces por las docentes (act. L: 309). Esto indica que si bien la manipulación de la maqueta favorece la visualización y la consideración de las constricciones, las docentes mantienen la tensión dirigida a la construcción del modelo en todo momento, de tal forma que cuando los escolares no modelizan la constricción construida, lo hacen las docentes.

### **6.1.3.2. La aplicación de las constricciones en la toma de decisiones**

Durante el montaje y la manipulación de la maqueta, los escolares tomaban decisiones respecto a dónde colocar los seres vivos. Se observó una relación entre la generación y uso de las constricciones y la toma de decisiones y la acción por parte de los escolares (act. G: 285).

Como hemos mencionado los escolares generaron una visión paisajística y también una particular de la maqueta. Ambas se produjeron debido a que fueron los propios escolares quienes elaboraron los prototipos, realizaron el montaje y la manipulación de la maqueta, y muy importante, todo ello en interacción con sus compañeros/as y con las docentes y bajo procesos de regulación continua. La apropiación de esta doble visión por parte de los escolares se observa claramente en las actividades E: 220 o L: 317).

Al mismo tiempo, esta doble visión y el considerar las constricciones en la toma de decisiones, puede favorecer en los escolares una visión sistémica de los seres vivos, en la que se consideran la interacción de los seres vivos con el medio (act. L: 334).

Se generó además de una familiaridad con los elementos (seres vivos), su distribución y sus posibles interacciones, una familiaridad con las formas de argumentar y poco a poco, con las funciones del modelo como elemento guía para la argumentación. Por ejemplo en la actividad M, se observa que los escolares toman en consideración las dos visiones y las funciones y tienen un discurso complejo y a la vez articulado (act. M: 378). Podemos decir que todo lo anterior permitió a los escolares generar y aplicar las constricciones en la acción.

El que los escolares tomaran en cuenta estas constricciones indica que este nivel escalar se vio favorecido por la manipulación de la maqueta. En la actividad E, se identificó claramente que cuando los escolares actuaban sobre ella al colocar los árboles, se ubicaban en el nivel de constricciones, en cambio al caracterizar cada árbol antes de colocarlo, se ubicaban en el nivel de generalizaciones (act. E: 225). Igualmente, en la actividad L se observó claramente el que los escolares se ubican en el nivel constricciones al mover a los animales que podrían volver al bosque una vez que habían crecido las plantas (act. L: 312).

### **6.1.3.3. Las reglas de gestión de la simulación**

Durante las actividades se construyeron dos reglas de gestión de la simulación. Si bien las docentes son quienes explicitan estas reglas al definir qué situaciones consideran didácticamente ricas, parten para ello de considerar el nivel de los escolares y los significados construidos. Aunque no tenemos datos para sustentar esta

afirmación, ya que el propósito de este trabajo no era analizar la toma de decisiones de las docentes, podemos comentar que durante el desarrollo de la investigación-acción y tal como quedo expresado en el capítulo 3, las posibilidades didácticas de la maqueta y su función mediadora fueron siempre objeto de discusión.

En este sentido cabe resaltar que consideramos importante la planificación cuidadosa de los seres vivos a colocar y de las actividades a realizar en la maqueta como parte importante para potenciar su función mediadora.

En esta unidad didáctica, las reglas para la gestión de la simulación pueden resumirse como sigue:

- 1.- Se posibilita manipular el tiempo e imaginar que han pasado días, meses o años (act. G y act. L)
- 2.- Se posibilita manipular el espacio y las condiciones ambientales presentes en los diferentes espacios (act. M).

Las reglas de gestión de la simulación tenían como finalidad dar flexibilidad a la maqueta para que cumpliera su función didáctica. Por ejemplo comparar condiciones posibles (act. M: 341, 347), usar la causalidad (act. M: 373), incorporarla al hilo temporal (act. L: 291) y para la toma de decisiones considerando las condiciones propuestas (act. G: 269), entre otras. Con ello permitían un movimiento en el espacio y el tiempo que ayudaba a los escolares a ejercitar las habilidades cognitivo-lingüísticas a través de la argumentación.

#### **6.1.3.4. Las reglas para la modelización**

Durante las actividades se construyeron y aplicaron tres reglas del juego para la modelización, que fueron:

- 1.- ‘Se han de considerar las contricciones para colocar a los seres vivos en la maqueta’, la cual se aplicó en la actividad E como ‘Para colocar un árbol en la maqueta hemos de considerar el tipo de semilla y su dispersión’ y en las actividades G, L y M como ‘Para mover a los animales hemos de considerar los recursos disponibles’.
- 2.- ‘Para mover a un ser vivo en la maqueta hemos de considerar sus características propias y sus posibilidades de desplazamiento’ (act. G: 258).
- 3.- ‘Para mover los seres vivos hemos de tomar en cuenta los elementos presentes o posibles’. Los elementos presentes fueron otros seres vivos y los posibles fueron las relaciones entre los seres vivos y con el medio y las constricciones emergentes de dichas relaciones (act. L: 301).

## 6. Análisis global

Las reglas para la modelización tenían la finalidad de focalizar aspectos de interés desde el modelo y que las docentes pretendían que los escolares no pasaran por alto y con ello garantizar que los aspectos señalados fueran utilizados al pensar, argumentar y tomar decisiones.

Si bien las reglas para la modelización, para jugar con la maqueta, eran de orden general, tenían aplicaciones específicas para cada ser vivo que se manipulaba y en las condiciones específicas de la maqueta en cada momento. Esto permitía a los escolares usar las reglas en diferentes ejemplos y ejercitar la aplicación de las mismas (act. G: 258).

Estas reglas fueron siempre generadas por las docentes, y conducían a que en la acción los escolares siempre considerasen las constricciones. En el análisis de las actividades se encuentran secuencias discursivas con fragmentos en los que las docentes llaman la atención de los escolares cuando estos no toman en consideración las reglas del juego (act. G: 258).

Esto indica que si bien fueron siempre los escolares los que realizaban la acción sobre la maqueta ellos/as se vieron restringidos en el juego, para jugar tomando en consideración el modelo, por las reglas establecidas. Las constricciones son restrictivas en el modelo, y al ser consideradas en la toma de decisiones por los escolares generaban también restricciones sobre lo que se podía hacer.

Sin embargo, dentro de los límites que imponen las constricciones existía una libertad de acción por parte de los escolares, quienes por ejemplo, elegían colocar sus animales en función a la disponibilidad de diferentes recursos que se vinculaban con diferentes funciones: pareja (reproducción), alimentos (nutrición), aire sin humo o un lugar sin fuego y calor (relación) (act. G: 284).

Si bien se observó que las reglas para la modelización se presentaban en el nivel escalar de constricciones, estas se relacionaban con los otros niveles de observación. Por ejemplo con las generalizaciones: los animales huyen del incendio, o con los mecanismos: los animales identifican un lugar donde hay recursos gracias a que pueden captar estímulos del medio y procesarlos (act. G: 261). Para establecer estas relaciones eran importantes las preguntas elaboradas por las docentes. Durante el desarrollo de las actividades se observa que ellas constantemente plantean preguntas para relacionar las reglas del juego de la modelización y los mecanismos (por ejemplo act. L: 298, 299)

Otra de las funciones de las docentes fue de regulación sobre la toma de decisiones y la acción, en el sentido de que los escolares consideraran las situaciones específicas de la maqueta y al mismo tiempo tensando siempre la mirada hacia el modelo de ser vivo. En muchas ocasiones los escolares manipulaban la maqueta en grupo y las docentes no regulaban las acciones, sin embargo el registro histórico generado en la maqueta permitía que ellas retomaran las acciones realizadas y las revisaran con el grupo clase (act. G: 279).

Debido a que para tomar decisiones se requiere tener diferentes opciones que considerar, podemos decir que la manipulación de la maqueta generaba diversas opciones que permitían a los escolares la toma de decisiones. Por lo anterior, podemos considerar que la maqueta se constituyó en un tercer actor en la conversación, además de las docentes y los escolares, teniendo un papel activo en la construcción del contexto argumentativo.

## 6.2. La interacción: la función docente

En la sección anterior hemos abordado la función de las docentes en la construcción de significados para las generalizaciones, los mecanismos y las constricciones. En esta, retomamos los resultados obtenidos y damos una nueva mirada. Para ello, enfocamos la función docente desde la gestión global de la conversación para promover la construcción del modelo ser vivo.

Cabe mencionar que en este trabajo hemos apoyado la idea de Candela (1996) respecto a que en la clase de ciencias se generan contextos argumentativos, en los que las participaciones tanto de las docentes como las de los escolares y de la tarea que se realiza son relevantes. En el análisis de las actividades se observó reiteradamente que efectivamente esto sucedía (act. D: 196). Sin embargo, también se observó que tanto la función como la influencia de las participaciones de las docentes en la construcción de nuevos significados, requieren que se le considere de forma específica. Especialmente con la finalidad de comprender cómo ellas gestionaban las participaciones de los escolares y las actividades propuestas para apoyar la construcción de nuevos significados.

Un primer aspecto a considerar es que las docentes no ignoraban las participaciones de los escolares. Un ejemplo claro se encuentra en la actividad D, len el que las docentes abren la conversación fijando la tarea a realizar y posteriormente son los escolares quienes llevan el hilo argumental al abrir y también cerrar ellos mismos una controversia sobre si las semillas y los frutos son, o no son, seres vivos. Aunque las docentes no se mantenían al margen de la conversación, sino que seguían a los escolares en la controversia planteada, se observa que son estos últimos quienes dirigen la conversación (act. D: 195).

Un segundo aspecto a tomar en cuenta es que, aunque las docentes en muchos momentos guiaban la conversación, partían para ello de las experiencias de los escolares y de los modelos que ellos/as tenían construidos. Un ejemplo lo encontramos en la actividad G, en la que ante la pregunta ¿qué sucede con los seres vivos cuando hay un incendio?, la gestión de las docentes para llevar la mirada a los mecanismos de la función relación parte de la ideas de los escolares sobre que los animales huyen (act. G: 254), también al hablar sobre la regeneración del bosque las docentes hacen hincapié en la procedencia de las semillas a partir de los comentarios

de los escolares, inicialmente respecto a que los humanos las ponen y posteriormente refiriéndose a que los animales las transportan de otros sitios (act. L: 291, 299).

Ante esta forma de afrontar la conversación en el aula por parte de las docentes, se observó que se generaban dinámicas complejas que ellas gestionaban utilizando básicamente dos anclas en la conversación: una la visión escalar y otra la proyección hacia la construcción de las tres funciones del modelo. A continuación esbozamos cada una. Estas dos anclas eran utilizadas por ellas como herramientas en los procesos de regulación que se encontraron extendidos prácticamente a lo largo de todas las actividades.

### **6.2.1. El anclaje en la visión escalar**

Una de las dificultades que encontramos en la gestión de la conversación al interpretar perturbaciones ambientales, que observamos en esta unidad didáctica pero que ya habíamos encontrado al aplicar las otras dos unidades didácticas, fue que los escolares realizaban observaciones y comentarios que se situaban en diferentes niveles de observación escalar, y lo hacían además de forma mezclada. Por ejemplo, en la actividad D, una escolar menciona respecto a la función de los frutos “*és per protegir la llavor i per alimentar als, altres éssers vius*” (es para proteger la semilla y para alimentar a los otros seres vivos). Tal como se discute en dicha actividad, esta afirmación de la escolar podría gestionarse, en principio, desde los tres niveles escalares propuestos (act. D: 187).

En el ejemplo anterior, además, la escolar expresa una causalidad que no desarrolla. Hemos comentado en la sección 6.1.2.3. que era necesaria la intervención de la docente para llevar a los escolares a explicitar dicha causalidad implícita. Sin embargo, ante la afirmación de la escolar, hay muchas preguntas posibles. En este momento, las docentes al parecer toman en consideración diversos aspectos para realizar una pregunta a la escolar, uno de ellos podría ser el nivel escalar en el que desean profundizar (act. D: 187). Pensamos que esta variable es tomada en cuenta gracias a que las docentes tienen construida explícitamente una visión escalar del fenómeno, como resultado del proceso de investigación – acción que han desarrollado (ver capítulo 3: 100).

Consideramos que la visión escalar de las docentes les permitía una toma de decisiones más efectiva, en tanto les brindaba más elementos para la toma de decisiones concientes en el aula. La visión escalar puede considerarse un ancla, que les permite gestionar las participaciones de los escolares sin perder de vista el nivel de observación escalar en el que desea incidir.

Es posible considerar estas decisiones como parte de la *transposición didáctica* de las docentes. Si bien muchas decisiones en el aula no son definidas con antelación y pueden ser parte de su conocimiento en la acción, otras decisiones son guiadas por



objetivos educativos definidos *a priori*. En este caso la decisión de relacionar los tres niveles de visión escalar. Estos resultados indican la complejidad de la transposición didáctica como proceso y señalan que, el mismo, tiene lugar durante todo el desarrollo de la unidad didáctica y a diferentes niveles, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos las docentes van tomando decisiones para reorganizar la planificación e incluso introducir ideas o entidades nuevas.

Tanto las decisiones derivadas de la transposición didáctica, como las del conocimiento en la acción se combinan de una forma compleja en el aula. Durante este trabajo hemos abordado en repetidas ocasiones la constante toma de decisiones de las docentes. Se resalta nuevamente la *complejidad del trabajo en el aula* en el que las docentes han de tomar en cuenta multitud de factores para promover la modelización.

Por lo anterior consideramos que una de las finalidades de las investigaciones en didáctica de las ciencias, ha de ser generar diferentes herramientas que permitan una toma de decisiones más eficaz por parte de los docentes, así como proponer alternativas prácticas para la toma de decisiones en contextos variados. En este trabajo se propone la visión escalar como una de estas herramientas.

### **6.2.2. El anclaje en la proyección hacia la construcción de las tres funciones**

Otra ancla que encontramos era utilizada por las docentes fue la proyección hacia la construcción de las tres funciones. Quedó evidenciado en la sección anterior (6.1.) que las docentes mantienen una tensión de la conversación hacia la construcción de ideas en torno a las tres funciones del modelo ser vivo. Para ello se apoyaron en la condensación: los seres vivos se nutren, se reproducen y se relacionan. Esta condensación estaba recogida en los esquemas de orientación elaborados al inicio de la unidad didáctica (act. A, B y C) y como hemos mencionado se fue cargando de mayor significado a lo largo del resto de las actividades de la unidad didáctica.

Así, podemos decir que las docentes mantenían una dirección en la conversación, a lo que en este trabajo hemos llamado ‘flecha de dirección’ (act. G: 280 y D: 207). Nos percatamos de que esta flecha de dirección funcionaba indicando la meta que se buscaba en la construcción de significados por parte de los escolares. Como hemos discutido con antelación, las docentes utilizaban diferentes estrategias para apoyar la construcción de dichos significados. En este sentido la flecha de dirección funcionaba como una brújula para las docentes. La delimitación de las tres funciones del modelo les permitía gestionar la conversación sin perder el rumbo y al mismo tiempo apoyar la generación del contexto argumentativo en el que los escolares y la tarea tenían una participación significativa y al mismo tiempo dar apertura a las participaciones individuales de los escolares, generándose una flexibilidad en la conversación (act. G: 280).

### **6.3. Las evidencias**

En este apartado retomaremos la función de las diferentes fuentes de evidencias. Sin embargo, dado que nuestro objetivo es analizar el papel de la maqueta en la construcción de significados, daremos mayor énfasis al análisis de la función de esta fuente de evidencias.

#### **6.3.1. Evidencias por observación directa**

Las evidencias por observación directa se consideran aquellas que se realizan en el aula durante las actividades y que tienen que ver con observar, sentir, oler, tocar u oír algo. En el análisis de las actividades encontramos que las evidencias por observación directa fueron escasas. Este tipo de evidencia se encuentra diferencialmente representada según el tipo de actividad realizada. A continuación profundizamos en ese aspecto.

*En las actividades iniciales.*

En las actividades A, B y C en las que se construía el esquema de orientación la finalidad era organizar las ideas y experiencias de los escolares en torno a las tres funciones de los seres vivos. En estas actividades se recurre a experiencias antecedentes y a algunas experiencias por observación con la finalidad de dar unidad a las mismas.

En estas actividades encontramos que las evidencias por observación tenían dos funciones: ayudar a aclarar las ideas o palabras que se estaban usando, por ejemplo cuando se discute qué significa moverse y se traslada una planta de una zona a otra del salón y se pregunta ¿es eso moverse? (act. A: 156) y ampliar las experiencias de vida incluyendo ejemplos más sutiles, por ejemplo la docente llama la atención sobre una planta en el salón con las hojas giradas en dirección a la ventana (act. A: 157).

*En las actividades de simulación.*

En las actividades D, E, G, L y M en las que se manipulaba la maqueta la finalidad era comprender el proceso de incendio y regeneración del bosque utilizando el modelo ser vivo. Cabe mencionar que con fines metodológicos se estableció el indicador ‘evidencia por maqueta’ para analizar la función de la misma en la modelización. Por esta razón las evidencias por observación en estas actividades son escasas, ya que muchas de ellas quedan englobadas en el indicador maqueta. Sin embargo, hay otras observaciones que son aquellas en las que las docentes presentan elementos del bosque para que los escolares los conozcan, como por ejemplo diversidad de semillas, hojas o frutos (act. E: 230).

Podemos decir que en estas actividades la observación directa establecía un vínculo entre la representación del bosque (maqueta) y el bosque verdadero.

En otras actividades, F ‘El medio’ y H ‘Salida a Montserrat’, la evidencia por observación directa fue más utilizada, ya se trataba de salidas al campo. También en las actividades J ‘Nutrición en plantas’ y K ‘Estímulo-respuesta’ donde se pretendía registrar eventos como el crecimiento de una planta o la captación de estímulos, la evidencia por observación directa fue más utilizada.

### **6.3.2. Evidencias por otras fuentes: experiencias antecedentes y autoridad.**

Las evidencias por otras fuentes encontradas fueron básicamente por experiencias antecedentes de los escolares y por autoridad. Estas evidencias quedaron incluidas en un solo indicador dado la dificultad para identificar claramente su procedencia. Es decir, las evidencias por experiencias antecedentes de los escolares muchas veces podían ser provenientes de autoridad, como la televisión, lo que una profesora ha comentado en otro curso, o un compañero o los padres han explicado a los escolares.

Encontramos que estas evidencias eran utilizadas en dos sentidos durante las actividades:

a) Para sustentar puntos de vista. Como experiencias de vida de los escolares que eran recuperadas por las docentes o por los mismos escolares para ejemplificar casos y reforzar la argumentación. Por ejemplo cuando un escolar habla de las plantas carnívoras que se mueven (act. A: 163).

b) Para generar un dominio, como conjunto de seres vivos que comparten unas determinadas características. En este caso eran las docentes quienes solicitaban a los escolares recurrir a sus experiencias de vida para generar ejemplos que pertenecieran al dominio que se construía, por ejemplo cuando las docentes preguntan ¿pero las plantas nunca se mueven?, es una forma de solicitar a los escolares que recurran a sus experiencias de vida, aunque viéndolas desde una nueva perspectiva (act. A: 156-158).

### **6.3.3. Evidencias por maqueta**

La concepción de una maqueta dinámica se había valorado como importante, ya que una hipótesis derivada de los resultados de nuestra anterior investigación era la de que la maqueta se convertía en un instrumento mediador que apoyaba el proceso de

modelización (Gómez, 2002). En aquel trabajo la mediación de la maqueta quedó esbozada a nivel teórico y muy general. En este trabajo hemos explorado aquella hipótesis y hemos encontrado que la maqueta ejerce efectivamente un papel mediador.

De acuerdo al análisis de las actividades podemos decir que la maqueta ejerce este papel mediador en cuatro sentidos: Entre un fenómeno de difícil representación y las ideas de partida de los escolares; entre el modelo de las docentes y los modelos de partida de los escolares y finalmente entre los diferentes niveles de construcción de los escolares. A continuación profundizamos en cada uno.

### **6.3.3.1. Mediación entre un fenómeno de difícil representación y las ideas de partida de los escolares**

El bosque y el fenómeno de los incendios forestales son sumamente complejos y difíciles de representar. En la unidad didáctica, una de las docentes (la investigadora) planificó cuidadosamente los seres vivos que se colocarían en la maqueta. En esta planificación tomó en consideración las recomendaciones de su compañera docente, de las dos investigadoras que dirigían su trabajo y de las profesoras que trabajaban en la escuela de la natura de Collserolla 'Can Coll'. Especialmente tomamos en cuenta la posible familiaridad o no de los escolares con las especies elegidas. Cabe mencionar que durante las unidades didácticas aplicadas, la composición específica de la maqueta fue variando, así como la forma de elaboración y características de los prototipos (Capítulo 3: 80).

Con todo ello la maqueta quedó diseñada de tal manera que se representaron algunas especies características del bosque, y que estas fueron relativamente familiares para los escolares. Consideramos que este fue un primer paso para que la maqueta pudiera funcionar como intermediario entre el bosque y las ideas de partida de los escolares.

Un segundo paso fue la elaboración de los prototipos por los escolares, su montaje y manipulación en la maqueta. Al elaborar los prototipos inicialmente, y posteriormente al montarlos y manipularlos, los escolares se fueron familiarizando con los seres vivos que constituyeron la maqueta. En este sentido, ésta no retomó la complejidad total del bosque, sino que dicha complejidad se fue construyendo en clase con los escolares. Esto puede observarse que en la actividad E, en la cual para montar los árboles en la maqueta se consideraron pocas variables (act. E: 225), sin embargo en la actividad L, estas variables se retoman y además se utilizan otras, que complejizan las relaciones posibles (act. L: 312). La construcción de la maqueta y su manipulación permitió entonces la construcción paulatina de la complejidad.

Durante el proceso de modelización se pretendía interpretar los hechos del mundo a través de las ideas del modelo, y así generar hechos científicos escolares. En este

caso el hecho del mundo interpretado es lo qué sucede con los seres vivos durante y después de un incendio.

En este sentido la maqueta permitió, inicialmente, establecer una conexión entre lo que se hablaba en clase y los hechos del mundo, al presentar un fenómeno, en el cual los escolares empezaban a realizar conexiones con sus propias experiencias. Esto lo hemos discutido en la sección 6.2.1.4. sobre ampliación de las generalizaciones. Así, la maqueta permitía en principio identificar fenómenos a explicar.

También se observó que los escolares se apropiaron de una visión paisajística de la maqueta, siendo capaces de reconocer zonas diferentes y con ello identificar una distribución diferencial de recursos (act. L: 289). Esto les permitió identificar ejemplos concretos de seres vivos ubicándolos en relación a su ambiente. Ejemplos de esto se encuentran en todas las actividades de manipulación (act. L: 296).

Así los escolares eran capaces, partiendo de su experiencia personal con los seres vivos, de realizar transferencias a las nuevas situaciones planteadas en la maqueta y generar ejemplos propios y al mismo tiempo ampliar dicha experiencia (tal como se mencionó en la sección 6.2.1.4. Ampliación de las generalizaciones).

Consideramos que esta mediación es importante en la construcción del modelo debido a que permite generar una representación de partida significativa para los escolares, que sirve como materia prima en el proceso de modelización. Especialmente en el nivel escalar de constricciones, en el que como mencionamos, los escolares son capaces de visualizarlas de manera autónoma. Así mismo, la posibilidad de identificar fenómenos a explicar, que eran identificados por los escolares, permite establecer una relación entre el fenómeno de los incendios forestales en los bosques mediterráneos y sus experiencias de partida (act. G: 264).

### ***6.3.3.2. Mediación entre el modelo de las docentes y los modelos de partida de los escolares***

La maqueta fue manipulada por los escolares permitiéndoles pensar en las relaciones que se iban estableciendo entre los seres vivos y con la ayuda de las docentes, organizarlas e integrarlas en un modelo. De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación al construir y manipular la maqueta en interacción, los escolares se apropian de los elementos que la constituyen. Sin embargo las relaciones entre ellos surgen como emergencias a partir de la conversación y manipulación de la maqueta, de aplicar las reglas del juego y de la constante regulación por parte de las docentes. Con todo ello se generan hechos científicos escolares, a partir de los hechos del mundo, mediados por una representación que es la maqueta.

En este caso la maqueta se constituyó en un lugar sobre el cual hablar y argumentar desde los modelos construidos por los diferentes actores: docentes y escolares. Para ello, la maqueta:

- Generó un espacio en el que los escolares consideraban las reglas del juego de la modelización en la toma de decisiones. Para dicha toma de decisiones un elemento primordial era la consideración de los seres vivos presentes y las interacciones posibles. Al presentar unas condiciones específicas en cada momento (de seres vivos presentes y relaciones posibles) la maqueta se constituyó en un tercer actor en la conversación, al limitar o permitir la acción de los escolares (act. G: 264).
- Generó un registro histórico de las actividades realizadas por los escolares, que permitió a la docente ejercer una regulación global y que apoyaba los procesos de modelización (act. G: 274).
- Apoyó la visualización de las constricciones y la elaboración de generalizaciones por parte de los escolares. Como ya hemos mencionado, no así la generación de mecanismos explicativos. Sin embargo, esta limitación de la maqueta fue identificada por las docentes, quienes generaron estrategias diversas para llevar la mirada a este nivel escalar. Por otra parte, notamos que la maqueta abre los espacios para hablar y usar las entidades y los procesos o las relaciones causales generados a nivel de los mecanismos (act. M: 387, 388).

Al posibilitar todo ello la maqueta generaba espacios de conversación en los que era posible a las docentes ejercer una regulación de las ideas construidas por los escolares y apoyarles en la construcción del modelo ser vivo.

### **6.3.3.3. Mediación entre los diferentes niveles de construcción de los escolares**

Si bien no se analizó la construcción individual de los modelos por los y las diferentes escolares, dentro de la construcción colectiva de significados es posible identificar algunos aspectos en los que la manipulación de la maqueta favorecía la construcción en interacción.

Partiendo de la premisa de que los escolares tenían diferentes niveles en el desarrollo de sus modelos, podemos decir que la maqueta se constituyó en un punto de referencia para la clase. La maqueta permitió mantener un punto de retorno al cual se volvía tras la construcción de cada explicación jerárquicamente anidada (act. M: 387, 388). De esta manera en el caso de que algún escolar no hubiera seguido toda la argumentación para construir dicha explicación, él o ella tenían siempre otras oportunidades de puntos de partida para incorporarse nuevamente a la construcción colectiva.

La forma como se hablaba alrededor de la maqueta apoyaba el generar un juego de imaginación y creaba un escenario común (act. D: 197). Las experiencias se negociaban con las docentes y los compañeros/as y se iban compartiendo entre toda la clase. La maqueta se convirtió en un intermediario entre la construcción individual y la construcción colectiva permitiendo a los escolares compartir una parcela cada vez más amplia de la experiencia. Por ejemplo en la actividad G los escolares fueron compartiendo ideas y experiencias sobre qué puede suceder a algunos seres vivos cuando se produce un incendio, generándose una base experiencial común. Posteriormente, en la última actividad, la act. M, se observó que los escolares fueron capaces de producir generalizaciones diversas de una forma más dinámica que en las primeras actividades, en las que necesitaban más apoyos de las docentes.

Dentro de cada explicación la maqueta también permitió generar una variedad de ejemplos y contraejemplos accesibles a los escolares. Como ya hemos discutido, éstos eran capaces de visualizarlos e interpretarlos utilizando las ideas del modelo con la ayuda de las docentes (act. L: 362). La diversidad de ejemplos y contraejemplos que se dieron, que incluían variados animales, plantas y situaciones, generaba diversos momentos en los que los escolares podían integrarse al discurso, a la vez que conectaba con diferentes intereses. Por otra parte también se observó que la maqueta generó un registro histórico que permitió a los escolares observar lo que habían hecho otros compañeros/as

Se identificó que los escolares ejercían una co-regulación y una auto-regulación de la acción (act.G: 284). Esta regulación se presentó tanto en el mismo momento en que los escolares movían los prototipos de seres vivos en la maqueta, como posteriormente al recuperar el registro histórico. Esta regulación implicaba una co-construcción de significados especialmente en la toma de decisiones y en la manipulación de la maqueta.

Este registro histórico no sólo era recuperado por las docentes, también los escolares ejercían esta función, resaltando ante sus compañeros/as elementos presentes, faltantes y las relaciones. Por ejemplo, después de simular el incendio un escolar afirma: “aquí había un árbol, falta” (act. L: 289). Probablemente él o ella misma habían elaborado y montado el árbol en la maqueta y era por ello que tenía esta precisión en su observación. Este tipo de precisiones de los escolares, realizadas ante toda la clase, llamaba la atención a los compañeros sobre los elementos presentes en la maqueta y les invitaba a tomarlos en consideración al establecer relaciones.

Consideramos que la manipulación de la maqueta permite a los escolares, a partir de esta familiaridad con los prototipos de los seres vivos presentes, generar las relaciones posibles (3ª regla para la modelización). Para ello fueron de utilidad los apoyos visuales externos que ésta brindaba. Por ejemplo, una niña menciona en un momento “nos faltan más insectos”. Ella se refería a los insectos que vuelven tras un incendio, debido a que ya hay alimento disponible porque han crecido las plantas

(act. L: 322). Seguramente sin el apoyo de la maqueta hubiera sido difícil establecer muchas de estas relaciones.

La maqueta funciona entonces de forma similar que el ejemplo dado por Vigotsky (1989), sobre la utilización de herramientas externas por los niños pequeños para explorar su mundo: un palo permite mover un objeto lejano que, de otra forma, sería inalcanzable para un niño. Así, la maqueta se constituyó en una herramienta auxiliar, que permitía visualizar a los seres vivos en el bosque y sus posibles relaciones y usar el lenguaje y la acción para pensar y para comunicar.

Siguiendo a Vigotsky, podríamos decir que la construcción de significados al manipular la maqueta se realiza inicialmente de manera interpersonal. Sin el apoyo de la maqueta resultaría difícil construir y hablar, en escolares de esta edad, sobre lo que sucede a los seres vivos cuando hay un incendio en el bosque. Según este autor la construcción interpersonal es requisito necesario para una posterior interiorización intrapersonal.

Finalmente es necesario anotar que múltiples autores señalan la trascendencia de las aportaciones de Vygotsky sobre la importancia del signo y el lenguaje como mediadores (Pozo, 1993). Haciendo una analogía de lo que el signo representa en su teoría, la maqueta como representación análoga constituye un vínculo intermedio de segundo orden, que media entre el fenómeno y los diversos modelos de los niños, al mismo tiempo que entre el aprendizaje de los niños y las niñas y el modelo didáctico del profesor, creando una nueva relación entre fenómeno y modelo. Así la maqueta como mediador didáctico es una herramienta, pero no para transformar el fenómeno tanto como para transformar el modelo. Tal como menciona Vygotsky para el signo (Vygotsky, *op. cit.*), la maqueta como mediador invierte la acción tradicional de la herramienta, es decir, no opera en el fenómeno sino en y entre los individuos.

## **6.4. La regulación**

En esta sección queremos llamar la atención sobre los cuatro tipos de regulación encontrados en el análisis de las actividades: la regulación del lenguaje, la regulación de las ideas, la regulación de la acción y la regulación global.

### **6.4.1. La regulación del lenguaje**

Si bien es difícil separar la regulación del lenguaje de la regulación de las ideas, en nuestro caso, con fines analíticos, consideramos en la regulación del lenguaje las formas de uso de las diferentes maneras que los escolares usan para expresar sus ideas y específicamente el lenguaje utilizado en ello.



En las actividades encontramos que la regulación del lenguaje se presentaba especialmente para las entidades construidas en el nivel mecanismos. Comprobamos que la introducción de una palabra nueva se realiza posteriormente a la introducción de una nueva idea (ver sección 6.1.2.1). Esto coincide con el proceso que se da en la ciencia erudita, cuando se genera un nuevo concepto (Izquierdo, 1999).

En las actividades analizadas identificamos que la palabra utilizada para nombrar la idea podía ser o no una palabra científica. En muchas ocasiones las docentes buscaban que la palabra fuera propuesta por los propios escolares (act. A: 158). Posteriormente su uso correcto era regulado por las docentes casi de forma constante, (act. G: 279). En algunas ocasiones la palabra o expresión propuesta por los estudiantes era substituida por una palabra científica propuesta por las docentes. Tal como ya hemos explicado en la sección 6.1.2.1. se presentaba una transformación gradual en el uso del lenguaje por parte de los estudiantes y en interacción con las docentes.

Otra forma de regulación del lenguaje encontrada se presentaba en el uso de sinónimos (act. D: 205), aunque esta forma fue poco común. Podemos decir que las docentes no la propiciaron, probablemente por que pretendían el uso de pocas palabras significativas. Sin embargo el uso de sinónimos podría ser recomendable para apoyar la mejor comprensión de la palabra usada, especialmente en las clases con escolares procedentes de diversos países en las que el lenguaje coloquial aún no es compartido por todos/as.

En la regulación del lenguaje observamos, aunque en contadas ocasiones, la co-regulación entre los escolares. Esta regulación se presentó especialmente con el uso de diversas formas de nombrar lo mismo (act. D: 205; A: 158, 178-179; M: 381).

Otro elemento a considerar es que las docentes también llamaban la atención a los escolares sobre la “forma de hablar en clase de ciencias”, en la que se insistió sobre el uso interrelacionado de varias ideas y la justificación de las mismas. Para ello las docentes insistían con los escolares en dos aspectos: “utilizar las palabras científicas” y “decir el por qué de las cosas” (act. E: 237, 238).

#### **6.4.2. La regulación de las ideas**

En este sentido se regulaba el hecho de que los escolares pensaran y argumentaran utilizando las tres funciones del modelo poniendo el acento en las relaciones con el medio. La regulación de las ideas fue el tipo de regulación que se identificó con mayor frecuencia en el análisis de las actividades. Como hemos mencionado con antelación, parece que una de las funciones básicas de las docentes fue la de regulación, y dentro de ésta la más extendida fue la regulación de las ideas.

Podemos decir que la regulación de las ideas se presentó en varios aspectos. El primer aspecto se relaciona con el uso de las tres funciones del modelo recogidas en el esquema de orientación, para explicar experiencias y para argumentar los diferentes puntos de vista. El esquema sirvió de anclaje en la gestión de la conversación (ver sección 6.1.1.3. y 6.2.2.).

Un segundo aspecto de regulación se dio a través de ir superando controversias y generando polémicas en torno a ideas específicas del modelo (por ejemplo la controversia sobre si las semillas son seres vivos (act. D: 205-207) o de dónde provienen las semillas del banco de semillas (act. L: 336), etc. También se incluyen aquí las peticiones de las docentes de precisar las ideas o causalidades expresadas de forma incompleta por los escolares.

Un tercer aspecto regulado se dio a partir de la utilización de ejemplos sobre lo que sucede a los seres vivos en condiciones específicas del medio, que eran interpretados con las ideas del modelo, es decir a partir de los mecanismos y las constricciones específicas en cada función. Este movimiento entre ejemplos concretos e ideas del modelo se presentó en diversos momentos, por ejemplo act. A: 178.

En la modelización de los ejemplos las docentes llevaban al análisis (¿pero qué hacen las hormigas en el verano?), al juicio crítico (qué comen las hormigas, qué comerían aquí en este bosque?) y a la búsqueda de formulaciones precisas (y entonces por qué se mueren las hormigas si no encuentran comida?) (act. M: 382).

Así, podemos decir que la regulación de las ideas fue una actividad constante en la unidad didáctica y que abarcaba diferentes aspectos y tipos de tareas.

### **6.4.3. La regulación de la acción**

La regulación de la acción se refiere a la reflexión sobre las decisiones tomadas por los escolares respecto al lugar y la forma de mover los animales y dónde colocarlos durante el montaje y manipulación de la maqueta.

La regulación de la acción la encontramos en las actividades de manipulación de la maqueta y asociada al nivel escalar de constricciones. Tal como se discutió en la sección 6.1.3.2. los escolares tomaban decisiones en función de las condiciones del medio y la disponibilidad de recursos.

Llama la atención que en este tipo de regulación encontramos co-regulación y auto-regulación por parte de los escolares. Estas se presentaban al actuar directamente sobre la maqueta y se relacionaba básicamente con la disponibilidad de recursos para la supervivencia de los seres vivos, especialmente alimentación, refugio y pareja y era expresada por los escolares con frases cortas del tipo: ahí no lo pongas, no hay comida (act. G: 284).

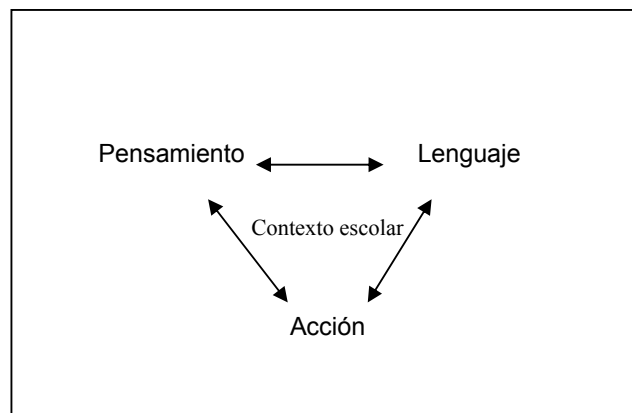
Cuando la regulación de la acción era propiciada por las docentes, ellas solicitaban expresamente a los escolares establecer relaciones entre los diferentes niveles escalares, es decir buscaban una relación con mecanismos y generalizaciones. Por ejemplo utilizando preguntas del tipo ¿por qué lo pones ahí?, y posteriormente ¿de cuál de estas tres (funciones) estamos hablando y por qué? (act. G:285).

Si bien la regulación de la acción se presentó en momentos específicos de las actividades analizadas, cualitativamente cobra importancia ya que encontramos que era realizada tanto por las docentes como por los propios escolares.

#### 6.4.4. La regulación global

Un tipo de regulación que se presentó en los momentos finales de algunas actividades de manipulación de la maqueta y en secuencias de tipo constricción, fue la regulación global. En ella se regulaba tanto lo que se habló, como lo que se pensó y lo que se hizo (act. G: 285). Podemos decir que la formula utilizada en este tipo de regulación es triangular, y en ella se regulan de forma simultánea y explícita los tres ámbitos de regulación mencionados con antelación.

En las actividades esta regulación global era generada por las docentes y tenía la forma “lo que hemos dicho” influye sobre “lo que pensamos” que a su vez influye sobre “lo que hacemos” (figura 6-1). Esta forma coincide con la idea que hemos sustentado en este trabajo respecto a que lenguaje, pensamiento y acción están interrelacionados y son interdependientes.



**Figura 6-1. Regulación global. Relación entre pensamiento, lenguaje y acción en la ciencia escolar (adaptado de Izquierdo, 2004b siguiendo a Guidoni, 1985).**

En las actividades encontramos que este tipo de regulación se encontró únicamente en las secuencias de tipo constricción y relacionadas con la manipulación de la maqueta. Por lo anterior podemos decir que la maqueta permitía su producción y

podemos afirmar que es un instrumento que posibilita la acción, permite una regulación global de las explicaciones jerárquicamente anidadas (act. G: 282).

Encontramos que esta regulación global fue posible gracias al registro histórico generado por la maqueta, partiendo la docente de la idea ¿por qué han colocado este animal aquí?, y de ahí recuperaba qué se dijo y qué se pensó (act. L: 332) En algunas ocasiones también esta regulación se refería a qué se ha de pensar y escribir en el ejercicio de redacción que se realizaba generalmente tras las actividades de manipulación, siendo ésta una regulación como anticipación de la acción de redactar una explicación (act. G: 282).

Debido a la necesidad de recuperar el registro histórico de la maqueta en la regulación global ésta se presentó siempre al concluir las actividades y especialmente en las actividades finales de la unidad didáctica.

Dada la importancia de la regulación global una sugerencia pertinente es incluirla en los diferentes momentos de construcción, por ejemplo al finalizar cada actividad y no sólo en la última etapa de la unidad didáctica. Otra posibilidad es la de realizar dicha regulación tras la elaboración de cada explicación jerárquicamente anidada, en la que se ha generado una unidad de significado nuevo.

## **6.5. La reconstrucción del hecho a partir del modelo**

La finalidad de la unidad didáctica era interpretar el fenómeno de los incendios forestales utilizando el modelo de ser vivo. Para ello el incendio del bosque como hecho del mundo fue abordado desde una perspectiva global y modelizado a través de ir generando nuevos significados al relacionar los hechos con las ideas abstractas del modelo (act. G, L, M). Consideramos por tanto que el incendio forestal se convierte en un hecho interpretado y que el modelo construido puede ser utilizado por los escolares para la interpretación de otras perturbaciones ambientales, y en ese sentido convertirse en un hecho paradigmático.

A través del análisis de las actividades encontramos que la interpretación del incendio, está a su vez constituida por otras explicaciones de otros hechos más puntuales, en los que se establecen relaciones entre generalizaciones, mecanismos y constricciones y sus relaciones, generando nuevos significados (ver sección 6.1. La construcción de explicaciones jerárquicamente anidadas). Estas explicaciones puntuales fueron las llamadas explicaciones jerárquicamente anidadas, por ejemplo la huida de los animales, que se interpreto a través de la función de relación (act. G) o el crecimiento de plantas tras el incendio (act. L) etc. (ver tabla 1-6).

A su vez cada explicación jerárquicamente anidada que explica cada hecho puntual, está formada por numerosos ejemplos y contraejemplos. Como referencia podemos mencionar que para la huida de los animales se ejemplificaron: aves, jabalís,

hormigas, etc. (act. G: 256-258). Los ejemplos tenían la finalidad de multiplicar la experiencia de los escolares, y trabajar en el eje diversidad – regularidad. Por otro lado, los contraejemplos se presentaron en los momentos finales de la construcción del modelo y permitían guiar a los estudiantes hacia una percepción más sutil, en los que tomaban conciencia de semejanzas y diferencias dentro de una esfera de aplicación dada. Si tomamos en su conjunto la unidad didáctica, podemos decir también que la actividad M ‘dos parcelas’ servía de actividad contraejemplo.

Al mismo tiempo encontramos que la forma como se va construyendo la abstracción en la unidad didáctica presenta también una serie de oscilaciones en la conversación que van de lo general a lo particular y de lo concreto a lo abstracto. Esto forma se presenta tanto en las conversaciones que permiten generar un nuevo significado (act. L: 300), como en el diseño global de la unidad didáctica (capítulo 3 fig. 3-7: 97).

Por lo anterior, es posible afirmar que el modelo construido fue un entramado de ideas que se tejieron a diferentes niveles de concreción y particularidad, produciendo finalmente un tejido que podría parecer una imagen fractal. La unidad de funcional de la visión fractal pueden considerarse las explicaciones jerárquicamente anidadas, en las que se van elaborando significados nuevos acotados, que a su vez se relacionan con otros, generando finalmente el hecho interpretado de los incendios forestales. El modelo construido por los escolares hasta finalizar la unidad didáctica ha de desarrollarse a través de ir incluyendo otras explicaciones generadas en otras unidades didácticas a lo largo de la instrucción.

## **7. Conclusiones y derivaciones de la investigación**

---

7.1. En relación a la generación de la unidad didáctica para promover el modelo de ser vivo desde una visión compleja .....	434
7.1.1. Respecto a las limitaciones para llevar al aula una unidad didáctica para construir un modelo de ser vivo desde una visión compleja .....	434
7.1.2. Respecto a los cambios en el estado de conocimiento de las investigadoras para la superación de las limitaciones encontradas .....	435
7.2. En relación a la construcción de significados, en las interacciones docentes-alumnos/as, del modelo de ser vivo desde una visión compleja.....	435
7.2.1. Respecto a los tres niveles escalares.....	436
7.2.2. Respecto a las tres funciones .....	437
7.2.3. Respecto al la maqueta como mediador y a otras fuentes de evidencias.....	438
7.2.4. Respecto al papel de las docentes en la gestión de la conversación .....	440
7.2.5. Respecto a la regulación de las ideas, del lenguaje y de la acción .....	441
7.3. En relación a la metodología de investigación .....	442
7.4. En relación a las derivaciones didácticas y para la investigación.....	443

## **7.1. En relación a la generación de la unidad didáctica para promover el modelo de ser vivo desde una visión compleja**

- Como resultado de un proceso de investigación-acción de tres ciclos, donde planificamos, llevamos al aula y reflexionamos en torno a tres unidades didácticas con la finalidad de interpretar los incendios forestales como perturbación del medio, generamos una propuesta para promover la construcción del modelo escolar de ser vivo desde una visión compleja, en la cual consideramos de forma interrelacionada tres funciones de los seres vivos (nutrición, reproducción y relación) y tres niveles de observación escalár (generalizaciones, mecanismos y constricciones). Dicha propuesta nos sirvió tanto para el diseño y realización de la tercera unidad didáctica, como para enfocar el análisis de esta investigación dado que nos ayudó a establecer categorías para el análisis de las interacciones docentes - alumnos/as en el aula.

### **7.1.1. Respecto a las limitaciones para llevar al aula una unidad didáctica para construir un modelo de ser vivo desde una visión compleja**

- La puesta en práctica de la unidad didáctica y la identificación de las limitaciones encontradas, conllevó comprender el contexto en que se desarrollaba, así como, la visión que de su contenido y desarrollo teníamos las participantes. Fue necesaria la superación de limitaciones, entendidas como diferencias entre las formas de pensar y hacer, y los valores que guían la acción de las participantes. La planificación de la tercera unidad didáctica, fue el momento clave que mostró que habíamos encontrado formas de superar la diversidad de limitaciones dando lugar a un cambio sustantivo en el estado del conocimiento. Aún así, esta tercera unidad didáctica no se puede considerar como definitiva, sino como un paso más en la búsqueda de coherencia entre nuestros supuestos teóricos, nuestra actividad en el aula y nuestro sistema de valores.
- Las limitaciones encontradas se relacionaron básicamente con la necesidad de identificar las escalas de observación desde las cuales los escolares veían los fenómenos y encontrar la forma de gestionarlas en la clase, de manera que no las descartáramos sino las utilizáramos para la construcción del modelo escolar de ser vivo.

### **7.1.2. Respecto a los cambios en el estado de conocimiento de las investigadoras para la superación de las limitaciones encontradas**

- El proceso de reflexión sobre las unidades didácticas no fue lineal. Podemos identificar que para el cambio en el estado de conocimiento y la evolución de concepciones y maneras de hacer fue básica la interacción entre las participantes. La posibilidad de contrastar diferentes puntos de vista permitió la generación de controversias, y la búsqueda de acuerdos que llevaron a la ampliación de los marcos de referencia teóricos, bajo una reconstrucción continuada y significativa de los supuestos de partida y de las nuevas propuestas.
- Se dieron cambios en el estado del conocimiento en distintos campos. Por un lado, el de una mejor definición del fenómeno a interpretar; por otro, el de un mejor diseño de la unidad didáctica, potenciando el uso de la maqueta como modelo mediador y de estrategias favorecedoras de las interacciones entre docentes y escolares alrededor de la misma. Finalmente, los cambios también llevaron a una mejor explicitación del modelo de ser vivo a construir en el aula y su relación con la concepción de las tres funciones y la visión desde los tres niveles escalares.
- Los cambios introducidos nos permitieron proponer la integración escalar al construir el modelo escolar de ser vivo, adaptando planteamientos provenientes de la ecología. En nuestra aportación utilizamos las explicaciones jerárquicamente anidadas como herramienta para la explicación, poniendo el énfasis en la interacción entre los seres vivos y con el medio.

### **7.2. En relación a la construcción de significados, en las interacciones docentes-alumnos/as, del modelo de ser vivo desde una visión compleja**

- Desarrollar en el aula un modelo ser vivo desde una visión compleja conllevó la incorporación de forma interrelacionada de las funciones de relación, nutrición y reproducción y las tres escalas generalizaciones, mecanismo y constricciones, para generar una visión de los seres vivos en interacción con el medio incorporando la multicausalidad.



### 7.2.1. Respecto a los tres niveles escalares

*Respecto a las generalizaciones:*

- Encontramos que la generalización era el nivel escalar en el que los escolares establecían de forma más directa relación con los hechos del mundo. Por un lado, las simplificaciones ayudaban a los escolares a detectar la esencia del fenómeno, siendo un proceso largo que implicó comparación y clasificación, identificación de elementos comunes, discriminación, asociación, abstracción y síntesis. Por otra parte, las unificaciones les permitieron integrar en las generalizaciones a otros seres vivos, analogando dos dominios, uno construido a través de la simplificación siendo significativo desde el modelo ser vivo y otro construido por los escolares por otros atributos. La unificación fue una forma que encontramos potente para avanzar en la construcción de nuevos significados. Finalmente, la condensación usada en la unidad didáctica, fue de alto nivel de abstracción: los seres vivos se reproducen, se relacionan y se nutren. Esta condensación representó un potencial de partida que fue dotándose de mayor significado a lo largo de las actividades realizadas.
- La forma principal de modelización en el nivel escalar de generalización consistió en su ampliación en tres dimensiones: a) Ampliación de las experiencias en el mundo, incorporando nuevas experiencias y recobrando las antecedentes vividas por los escolares y hechos conocidos, que les servían de base empírica para el proceso de modelización. b) Ampliación de patrones generados que son significativos dentro del modelo, en los que se identificaban los atributos relevantes a través de establecer relaciones entre observaciones, para después explicarlo causalmente. Este proceso daba unidad a diversas experiencias de los escolares. c) Ampliación del significado de la generalización al vincularla con mecanismos y constricciones. En ello fue necesaria la utilización de diversas estrategias para los cambios de nivel escalar y el establecimiento de relaciones entre ellos.

*Respecto a los mecanismos:*

- Encontramos que durante la unidad didáctica se construyeron entidades y se profundizó en los procesos estableciendo relaciones causales. Las entidades se construyeron en mayor medida en las actividades iniciales de elaboración del esquema de orientación y fueron usadas paulatinamente de forma más precisa por los escolares a lo largo del resto de las actividades. Las vinculadas a la función relación fueron las más difíciles de interiorizar por los escolares, lo cual es congruente con los resultados obtenidos respecto a la modelización en esta función. Respecto a la profundización en los procesos, un elemento importante fue la explicitación de las causalidades que los escolares expresaban de forma incompleta o implícita.

- Observamos la dificultad para llevar la mirada de los escolares al nivel escalar de mecanismos, en el cual, aunque tienen muchas ideas generadas, éstas estaban inicialmente poco organizadas y los escolares establecían pocas relaciones causales. Identificamos dos estrategias efectivas para llevar la mirada de los escolares a los mecanismos: la elaboración de preguntas de formato homogéneo y la solicitud de precisar el significado de algunas palabras empleadas.

*Respecto a las constricciones:*

- Para las constricciones, encontramos que los escolares las visualizaban y hablaban de ellas espontáneamente al manipular la maqueta y las identificaban como recursos limitantes para los seres vivos. Durante las interacciones docentes –alumnos se modelizaban las constricciones, es decir se relacionaba la disponibilidad de recursos con los mecanismos y las generalizaciones.

*Respecto a la relación entre niveles:*

- Detectamos diferente grado de progresión en los escolares para cada nivel escalar lo que llevó a un avance diferenciado en la construcción de nuevos significados. El avance fue concéntrico partiendo de ellos mismos/as, continuando con las personas, los animales y finalmente las plantas. También para cada función el grado de progresión era distinto, inclusive en los diferentes procesos tratados.
- Fue posible la generación de explicaciones jerárquicamente anidadas, al integrar los tres niveles escalares. En las actividades iniciales de la unidad didáctica se produjeron pocas explicaciones, aumentando fundamentalmente en las actividades de síntesis en las que además los escolares tomaban en consideración varias funciones a la vez. Las explicaciones jerárquicamente anidadas fueron la unidad funcional para la interpretación del fenómeno de los incendios forestales y estaban constituidas a su vez por numerosos ejemplos y contraejemplos. Por lo anterior, podemos decir que la unidad didáctica presentaba una imagen fractal con un entramado de ideas tejidas a diferentes niveles de concreción y particularidad.

## **7.2.2. Respecto a las tres funciones**

- Un punto clave para avanzar en la construcción del modelo de ser vivo y gestionar la conversación en el aula fue la decisión de trabajar las tres funciones del modelo ser vivo de forma interrelacionada y poniendo el acento en las relaciones con el medio: intercambio de materia y energía con el medio (nutrición), capacidad de captar y responder a estímulos (relación) y capacidad de auto perpetuación y transmisión de información (reproducción).

## 7. Conclusiones y derivaciones de la investigación

- Tomar los incendios forestales, fenómeno de relevancia social e interés científico, para trabajarlos como perturbación fue esencial para poner el acento en las relaciones con el medio al trabajar las tres funciones en el modelo de ser vivo.
- Al promover la interpretación del fenómeno de los incendios forestales en el aula utilizando las tres funciones del modelo ser vivo un elemento clave fue un esquema de orientación elaborado inicialmente. En él se recuperaban las ideas de partida de los escolares organizándolas, éste se constituyó en una base de orientación que fue un apoyo durante todo el proceso al ser una guía para reconstruir en cada momento dicho modelo.
- Inicialmente los escolares tenían mayoritariamente experiencias que se relacionaban más con los animales que con las plantas. Pese a que identifican a las plantas como seres vivos, en la mayoría de los casos no consideraban en ellas las tres funciones básicas de los seres vivos.
- Respecto a la función de relación, inicialmente los escolares mostraron tener menos ideas construidas en proporción con las otras funciones. Manifestaban confusiones entre estímulos y su percepción por órganos de los sentidos y tampoco tenían construidas ideas en relación al sistema nervioso en los animales.
- En relación a la función de reproducción, la idea de transmisión de información de progenitores a la descendencia requirió situar a los escolares en un ámbito muy próximo, ellos mismos, para a través de procesos de unificación transferir dicha idea al resto de los animales y a plantas. Se observó que los escolares solían perder de vista la función de reproducción de la semilla identificándola como alimento de los animales, quizás por su experiencia respecto a la frutas y semillas como alimento.
- Respecto la función de nutrición encontramos que los escolares tienen construidas ideas en relación al flujo de materia, en las cuales se profundizó durante la unidad didáctica, pero no en relación al flujo de energía.

### **7.2.3. Respecto al la maqueta como mediador y a otras fuentes de evidencias**

- Durante la construcción y manipulación de la maqueta encontramos que ésta era ampliamente utilizada como fuente de evidencias y funcionó como un modelo analógico que mediaba en tres dimensiones a) entre un fenómeno de difícil representación y las ideas de partida de los escolares, b) entre el modelo de las docentes y los modelos de partida de los escolares y c) entre los diferentes niveles de construcción de los escolares.

- Respecto a la mediación entre un fenómeno de difícil representación y las ideas de partida de los escolares, encontramos que la elaboración y manipulación de la maqueta permitía a los escolares partir de su propia experiencia y relacionarla con lo que se presentaba en la maqueta. Así, identificaban fenómenos a explicar relacionados con el incendio forestal y lo que sucedía con los seres vivos, identificaban interacciones, podían hacer zooms y moverse en diferentes escalas espaciales y temporales, todo ello con la ayuda de las docentes.
- Respecto a la mediación entre el modelo de las docentes (o modelo científico escolar que se pretendía construir) y los modelos de partida de los escolares, encontramos que al manipular la maqueta en interacción y bajo la regulación de las docentes, los escolares iban paulatinamente produciendo generalizaciones significativas, identificando y modelizando constricciones y argumentando alrededor de los mecanismos. Ellos llegaron a tener una visión paisajística y al mismo tiempo particular de los seres vivos en el bosque -maqueta, lo que les permitió elaborar ejemplos y contraejemplos que, con la ayuda de las docentes, favorecían la construcción de la abstracción del modelo. Con ello, la maqueta se convirtió en el contexto común para hablar, actuar y reflexionar al interpretar el fenómeno de los incendios forestales, en el cual a partir de sus ideas iniciales los escolares generaron nuevos significados en el modelo ser vivo.
- Respecto a la mediación entre los diferentes niveles de construcción de los escolares encontramos que la familiaridad que adquirieron de los elementos en la maqueta y la posible interacción entre dichos elementos, les permitía elaborar diferentes ejemplos para aplicar sus ideas y expresarlas ante sus compañeros, al mismo tiempo que aprender de otros ejemplos propuestos. La maqueta en este caso se convertía en el referente común para toda la clase y al cual volver tras cada ejemplo propuesto, permitiendo a los escolares incorporarse a la conversación en diferentes momentos, en el caso de haber quedado al margen de algún ejemplo comentado. Al manipular la maqueta identificamos co-regulación y auto-regulación por parte de los escolares, donde especialmente en la acción se generó una regulación compartida entre escolares y con las docentes.
- En general la función mediadora de la maqueta se potenció gracias a la cuidadosa planificación, por parte de las docentes, de los elementos constituyentes y el orden en que se iban a colocar en la misma, así como de la promoción de elaboración, montaje y manipulación en interacción docentes-alumnos/as. También apoyó la función mediadora de la maqueta el que durante el montaje y manipulación, se establecieron dos tipos de reglas del juego: reglas para la gestión de la representación y reglas para la modelización. Las primeras con la finalidad de generar situaciones didácticamente ricas y las segundas para centrar la atención de los escolares, con la finalidad de que considerarán las ideas del modelo en sus argumentos y toma de decisiones.

## 7. Conclusiones y derivaciones de la investigación

- En relación a las observaciones como fuente de evidencias éstas fueron relevantes para llamar la atención de los escolares sobre aspectos menos tangibles para ellos de su experiencia en el mundo, así como para reforzar sus experiencias antecedentes. Las observaciones directas fueron un apoyo necesario para ampliar las generalizaciones de partida de los escolares, posteriormente identificar patrones y producir generalizaciones significativas.
- En relación a otras fuentes de evidencias, podemos concluir que las provenientes de observación directa y de experiencias antecedentes se complementaron para dar una base empírica amplia para la modelización, que además daba unidad a las experiencias tanto escolares como extra-escolares. Para las evidencias por autoridad encontramos que el conocimiento construido en la misma unidad didáctica iba siendo utilizado tanto por los escolares como por las docentes como fuente de autoridad para respaldar los argumentos.

### **7.2.4. Respecto al papel de las docentes en la gestión de la conversación**

- Si bien los contextos argumentativos en el seno de los cuales se construían nuevos significados eran generados en interacción entre docentes y alumnos/as, las participaciones de las docentes eran significativas para tensar la conversación en la construcción del modelo y generar un proceso de regulación a lo largo de todas las actividades.
- Para la gestión de la conversación las docentes utilizaban dos anclas: las tres funciones del modelo ser vivo a través de una ‘flecha de dirección’ y la visión escalar del fenómeno. Respecto a la ‘flecha de dirección’, la cual era guiada por las tres funciones, las docentes propiciaron la generación de entidades y la profundización en los procesos, apoyando la generación de explicaciones causales en las que entidades y procesos eran utilizados. Respecto a la visión escalar, las docentes propiciaron la ampliación de las generalizaciones, llevaron a los escolares a dirigir la mirada a los mecanismos a través del uso de preguntas de formato homogéneo y de solicitarles precisar el significado de las palabras y, también, favorecieron la modelización de las constricciones. Consideramos que tanto la flecha de dirección como la visión escalar fueron herramientas en la gestión de la conversación que ayudaron a las docentes a tomar decisiones más conscientes y guiadas por el nivel escalar y/o función en la cual querían profundizar.
- El papel de las docentes en la regulación se dio tanto en las tres funciones como en los tres niveles escalares. Observamos la complejidad del trabajo en el aula, en el que las docentes consideraban diversos factores y tomaban continuamente decisiones para promover la modelización. Ellas gestionaron las ideas y ayudaron

a recuperar experiencias antecedentes y propusieron también nuevas experiencias y, a partir de ello, propiciaron la abstracción del modelo ser vivo llevando a los escolares de lo general a lo particular y de lo concreto a lo abstracto, a través de la utilización de múltiples ejemplos.

- Por su parte los escolares tuvieron un papel destacado al compartir las experiencias antecedentes y las diferentes formas de ver los fenómenos, permitiendo generar una base experiencial más amplia para todos y todas. También tuvieron un papel destacado al plantear controversias y dicotomías que requerían de la argumentación, con ello participaban activamente en la construcción colectiva de los nuevos significados.

### **7.2.5. Respecto a la regulación de las ideas, del lenguaje y de la acción**

- A lo largo de las actividades identificamos cuatro formas de regulación: la regulación de las ideas, la regulación de las expresiones o del lenguaje, la regulación de la acción y la regulación global.
- La regulación de las ideas se centró en ir armonizando las experiencias e interpretaciones en las tres funciones y las tres escalas del modelo ser vivo. Para ello fue de gran utilidad el esquema de orientación, en el que las docentes se apoyaron para regular las ideas de los escolares, ayudándoles a organizarlas, jerarquizarlas y aplicarlas a diversas situaciones. Esta fue la forma de regulación más encontrada y que se extendió a lo largo de toda la unidad didáctica.
- En la regulación del lenguaje identificamos el proceso de transformación en el uso de las palabras o expresiones por parte de los escolares, partiendo de las de uso cotidiano hacia otras significativas desde el modelo ser vivo, y finalmente, en algunas ocasiones, a las palabras utilizadas por la comunidad científica. Dicho proceso partía de a) generar una nueva idea partiendo de las ideas iniciales de los escolares, que se confrontaban con la nueva información y se reformulaban, b) asignar de una palabra, propuesta por los mismos escolares, para darle nombre a esta idea, c) usar la nueva palabra o expresión en las diversas actividades, a través de ensayo y error y, finalmente en algunos casos c) cambio a la palabra científica, que era propuesta por las docentes. En todas las fases se presentaba regulación del lenguaje a través de correcciones directas, precisiones en su uso, idoneidad al aplicarlas a ejemplos específicos, y explicitación del significado al ser utilizadas por los escolares en diversas ocasiones.
- La regulación de la acción se asoció a la acción directa sobre la maqueta por parte de los escolares, en la cual se justificaba o se cuestionaba la toma de decisiones. Para ello la visualización de las constricciones fue de suma importancia, ya que permitía a los escolares tener diversas opciones para decidir,

## 7. Conclusiones y derivaciones de la investigación

fundamentando su actividad en la disponibilidad de recursos relacionados con la realización de las funciones por los seres vivos. En la regulación de la acción fue identificamos de forma más clara la auto y la co-regulación por parte de los escolares.

- Identificamos momentos en los que se regulaban de forma explícita y simultánea tanto las ideas, como el lenguaje, como la acción. A esta forma de regulación le llamamos regulación global. Ésta se presentó en las actividades finales de la unidad didáctica, probablemente porque los escolares habían construido diversos significados desde el modelo ser vivo planteado y los expresaban y actuaban utilizándolos. Tal parece que para esta regulación global es necesario retomar diversos momentos de trabajo en el aula, por lo que se ha de recurrir a algún tipo de registro histórico, en este caso las docentes utilizaban el registro histórico de la maqueta para retomar las acciones de los escolares, al mismo tiempo que el lenguaje que utilizaban y las ideas del modelo ser vivo de referencia.

### 7.3. En relación a la metodología de investigación

- La investigación – acción que nos permitió diseñar y llevar al aula una unidad didáctica para promover un modelo de ser vivo desde una visión compleja, y que fue el contexto de toma de datos para este trabajo, supuso un avance en nuestro conocimiento en la acción, a través de establecer relaciones directas entre teoría y práctica. Para ello fue indispensable el trabajo en equipo de las personas que participábamos directamente y de los dos grupos que aportaban retroalimentación al proceso: las profesoras-investigadoras de la Universidad Autónoma de Barcelona, especialmente en los seminarios GREDA, COMPLEX y LIEC, y las profesoras docentes de la escuela primaria Coves d'en Cimany, especialmente en el “Seminario de Enseñanza de las Ciencias”.
- El buscar la comprensión de los procesos de construcción del modelo ser vivo en las interacciones docentes-alumnos/as a través de secuencias discursivas conllevó la dificultad de fragmentar el discurso. Para ello resultó práctico utilizar como referencia categorías teóricas provenientes de la integración escalar.
- Analizar el papel de la maqueta y conceptualizarla como fuente de evidencias nos permitió, por una parte visualizar su función mediadora, pero, por otra, observar que había otras fuentes de evidencias necesarias para modelizar los fenómenos.
- El uso del indicador sobre regulación y sus respectivas categorías nos permitió ver un proceso continuado sin perder de vista la evolución de los significados que se iban constuyendo durante las actividades analizadas.

## 7.4. En relación a las derivaciones didácticas y para la investigación

### *Derivaciones didácticas*

- Al construir un modelo científico escolar incorporando una visión escalar planteamos conveniente un esclarecimiento del dominio del modelo identificando la escala de las entidades que se utilizan en el modelo y la escala del fenómeno que se explica. En el modelo ser vivo las generalizaciones se ubicarían a nivel organismo, los mecanismos a nivel órganos y sistemas de órganos y las constricciones a nivel comunidades y ecosistema. En el caso de trabajarse el modelo ecosistema, las generalizaciones debieran colocarse en el nivel de comunidad, los mecanismos en el de organismos y las constricciones en el ecosistema y las relaciones entre estos.
- La propuesta de integración escalar puede aplicarse tanto en investigación, como en el trabajo en el en el aula. En el primero para establecer indicadores de análisis y en el segundo para apoyar a los docentes tanto en la planificación como en la gestión de la conversación en el aula.
- El haber encontrado diferentes grados de progresión en los tres niveles escalares nos lleva a sugerir que desde esta perspectiva escalar de los seres vivos, han de explorarse las ideas de partida de los escolares, no de forma general, sino de forma específica para cada nivel escalar. Cada nivel se sitúa en diferentes ámbitos de la experiencia de los escolares y tiene diferente grado de interpretación, podríamos decir que tienen una zona de desarrollo potencial diferencial (Vygotsky, 1987).
- Al planificar el trabajo en el aula en la escuela primaria respecto a la función de relación, se ha de propiciar que los escolares diferencien entre estímulo, órgano que lo capta y procesamiento a través del sistema nervioso, iniciando con ellos mismos y después con animales. En el caso de las plantas integrar actividades para que los escolares empiecen a reconocer que éstas son capaces de responder a diferentes tipos de estímulos. En la función reproducción, incorporar la idea de transmisión de información y al mismo tiempo introducir más experiencias para conceptualizar la semilla dentro del modelo de ser vivo como parte de la reproducción en plantas. Por otra parte, consideramos importante generar una valoración de las plantas *per se* para superar la idea de que son sólo alimento para animales y para integrarlas en la concepción de los estudiantes de que son seres vivos que realizan las tres funciones, superando la dicotomía que establece entre plantas y animales. Para la función de nutrición, incluir actividades que ayuden a generar la idea de intercambio de energía, además del intercambio de materia.



## 7. Conclusiones y derivaciones de la investigación

- El uso de modelos analógicos, como la maqueta analizada en esta tesis, parece adecuada para abordar fenómenos de difícil observación directa, como el caso de las perturbaciones ambientales. Para utilizar representaciones de modelos analógicos, como el caso de la maqueta, es conveniente planificar detalladamente los elementos que se han de incluir, para que sean suficientes pero no excesivos, así como determinar las reglas del juego sobre lo que es posible o no en la simulación, y que éstas se relacionen con aspectos significativos del modelo.
- Al realizar una simulación como la llevada a cabo en la maqueta del bosque, es conveniente que los escolares adquieran una familiaridad y reconozcan los diversos seres vivos presentes, ya que esto les ayuda a visualizar posibles interacciones entre ellos, especialmente respecto a los elementos menos conocidos (en este caso las plantas). Para ello encontramos útil que los escolares elaboren y monten personalmente la maqueta, en otros casos, como el de utilizar un programa de ordenador donde esto no es necesario, recomendaríamos realizar otras actividades para generar dicha familiarización.
- Podemos decir que consideramos que en el aula se ha de promover, además de la experimentación, la realización de actividades de simulación, especialmente para abordar el estudio de fenómenos de difícil observación directa y que transcurren en escalas espaciales y temporales muy amplias y en las que la historia de los procesos cobra importancia.

### *Derivaciones para la investigación*

- Sería de interés analizar la aplicabilidad de la visión escalar para la comprensión de otros fenómenos a interpretar en el aula en los que se realizan observaciones directas como acuarios, huertos, terrarios, etc. En ellos tendrían que generarse otras representaciones análogas que permitan modelizar el fenómeno estudiado. En este sentido sería interesante profundizar en las características de dichos mediadores.
- Otro aspecto importante podría ser el de profundizar en el papel de las simulaciones y de la experimentación en los procesos de modelización, identificando similitudes y diferencias entre los mediadores utilizados en la construcción del modelo. Al mismo tiempo, profundizar en la función de las evidencias por observación y en las experiencias antecedentes en dicha construcción.

## Bibliografía

---

### Bibliografía citada

Achinstein, P. (1989). La naturaleza de la explicación. Fondo de cultura económica, México.

Adúriz-Bravo, A. (2001). Integración de la epistemología en la formación inicial del profesorado. Tesis de doctorado, UAB. Bellaterra, Barcelona.

Adúriz-Bravo, A. (2004). Methodology and politics: A proposal to teach the structuring ideas of the philosophy through the pendulum. *Science & Education* 13: 717-731.

Alfieri, F. Arcà M. y Guidoni, P. (1995). Il senso di fare scienze. Un esempio di mediazione tra cultura e scuola. Bollati Boringhieri, Piemonte, Italia.

Aleixandre, M. y Díaz, J. (2003). Discurso en el aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las ciencias* 21 (3): 359-370.

Allen, T. y Starr, T. (1982). Hierarchy. Perspectives for ecological complexity. Chicago Press, London.

Araceli, J. (1997). Análisis sistémico. En: Novo Maria y Lara Ramón La interpretación de la problemática ambiental: enfoques básicos I. UNESCO, Madrid: 101 – 148.

Arcà, M.; Gudoni, P. y Mazzoli, P. (1990). Enseñar ciencias. Paidós Educador, España.

Archer, A., y Arca, M. Sanmartí, N. (2004-en prensa). Modelling as a process for understanding materials. A case study in primary education. *Int. J. Sci. Edu.*

Ariew, A. (2003). Ernest Mayr's ultimate/proximate distinction reconsidered and reconstructed. *Biology and Philosophy* 18:553-565.

Barth, B. (1992). De la práctica a la teoría: mejorando el proceso del pensamiento. En: Maclure S. y Davies, P. Aprender a pensar, pensar en aprender. Gedisa, España: 155 – 167.

Bertalanffy, L. von. (1993) Teoría General de los Sistemas. Fondo de Cultura Económica, México. (Edición original en inglés, 1968).

Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: where we are today. *Int. J. Educ. Res.* 31: 445-457.

Bonil, J. (2003). El paradigma de la complexitat, una aproximació des de l'àrea de didàctica de les ciències. Trabajo de investigación, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas. UAB. Bellaterra, Barcelona.

Bonil, J., *et al.* (2004). Un Nuevo marco para orientar respuestas a las dinámicas sociales: el paradigma de la complejidad. *Investigación en la escuela* 53: 5-19.

Buckley, B.C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *Int J. Sci. Edu.* 22(9): 895-935.

Calsamiglia, H. y Tusón, A. (1999). Las cosas del decir. Manual de análisis del discurso. Ariel Lingüística, Barcelona.

Candela, A. (1990). Investigación etnográfica en el aula: el razonamiento de los alumnos en una clase de ciencias naturales en la escuela primaria. *Investigación en la escuela* 11: 13-23.

Candela, A. (1996). La construcción discursiva de contextos argumentativos en la enseñanza de las ciencias. En: Coll, C. y Edgard, D (Eds.). Enseñanza, aprendizaje y discurso en el aula. Aprendizaje S.L.: 99 – 116.

Cañal, P. (1998). Un marco curricular en el modelo sistémico investigativo. En: Porlan, R.; Garcia, E. y Cañal, P. (Eds.) Constructivismo y enseñanza de las ciencias. Diada, Sevilla, España.

Cañal, P. (1999a). Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la escuela* 38, 15-36.

Cañal, P. (1999b). Photosynthesis and 'Inverse Respiration' in Plants: An Inevitable Misconception? *Int. J. Sci. Educ.* 21(4): 363-371.

Cañal, P. (2000). Las actividades de enseñanza: un esquema de clasificación. *Investigación en la escuela* 40-5-21.

Cañal, P. (2003). ¿Qué investigar sobre los seres vivos? *Investigación en la escuela* 51, 27-38.

- Cañal, P. (2004). La enseñanza de la biología ¿Cuál es su situación actual y qué hacer para mejorarla? *Alambique* 41: 27-41.
- Carey, S. (1992). The origin and evolution of everyday concepts. En: Giere, R.N. (Ed.) *Cognitive models of science*. University of Minnesota Press, Miniapolis, USA.
- Carr, W. (1989). Calidad de la enseñanza e investigación-acción. Diada, España.
- Cazden, C y Beck, S. (2003). Classroom discourse. En: Handbook of discourse processe. Grasser, C.; Gernsbacher, M. y Goldman, S. LAE, London.
- Chawla, L. (1998). Significant life experiences revisited: a review of research on sources of environmental sensitivity. *Environmental education research* 4(4): 369-382.
- Cicoruel, A. (1992). The interpretation of communicative contexts: examples from medical encounters. En: A. Durante y C. Godwing (Eds.) Rethinking contexts. Cambridge University Press, Cambridge: 291-310.
- Claxton, G. (1994). Educuar mentes curiosas. Aprendizaje, Visor, Madrid.
- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching* 30(10): 1241- 1257.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *Int. J. Sci. Educ.* 22(9): 1041- 1053.
- Coll, C. y Onrubia, J. (1995). Activitat conjunta, activitat discursiva i construcció del coneixement a l'aula. *Articles de Didáctica de la Llengua i de la Literatura*, 6: 85-99
- Coll, C. y Onrubia, J. (2001). Estrategias discursivas y recursos semióticos en la construcción de sistemas de significados compartidos entre profesores y alumnos. *Investigación en la escuela* 45: 21 – 31.
- Crowther, J. (1999). Oxford Advanced Learner's. Dictionary. Oxford University Press, 5a edición, Londres, Inglaterra.
- Curtis, H. (2003) Biología. Panamericana, Madrid.
- Dagher, Z. (1994). Does the use of analogies contribute to conceptual change? *Science Education* 78(6): 601-614.

- Donaldson, M. (1986). Children's explanations, a psycholinguistic study. Cambridge Univ. Press, London.
- Driver, R.; Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989). Ideas científicas de la infancia y la adolescencia. Minist Educ. y Ciencia, Madrid.
- Driver, R. y Oldham, V. (1988). Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en ciencias. En: Porlan, R.; Garcia, E. y Cañal, P. (Eds.) Constructivismo y enseñanza de las ciencias. Diada, Sevilla, España.
- Duschl, R. (1997). Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo. Nercea, Madrid.
- Duschl, R. y Erduran, S. (1996). Modeling the growth of scientific knowledge. En: Welford, J., Osborne, J. y Scout, P. (Eds.). Research in science education in Europe. Current issues and themes. Falmer, Londres.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education* 74(5): 555-569.
- Duit, R. (2001). On benefits and pitfalls of analogies in teaching and learning physics. En: Pinto, R. y Surinach, S. (Eds.) Physics Teachers Educational Beyond, 2000: 11-18.
- Echeverría, J. (2002). Ciencia y valores. Destino, España.
- Edwards, D. y Mercer, N. (1998) El conocimiento compartido: El desarrollo de la comprensión en el aula. Paidós-MEC, Barcelona.
- Edwards, D. y Potter, J. (1992). Discursive Psychology. Sage, Londres.
- Elliot, S. (1995). 2ª Ed. Conceptual Issues in evolutionary biology: an anthology. Cambridge, The Mit Press, Londres.
- Elliott, J. (2002). La investigación – acción en educación. Morata, Madrid, España.
- Espinet M. y Pujol, R.M. (2003) Innovar a l'aula d'educació infantil i primària: El treball sobre la reproducció dels éssers vius. Conclusions d'experiències. Seminario-Taller de Educación Científica 'La reproducció dels éssers vius'. Museo de Ciencias de Barcelona, 12 y 19 de febrero. Barcelona, España.
- Floch, R. (1993). Mediterrànies. Enciclopèdia Catalana Biosfera. UNESCO. Barcelona, España.

- Fossati, J. y Reynaud, C. (2004). Explore the missing link between learning contents: example of garrigue and forest in pupils and trainee teachers. Fifth Conference of European Researches in Didaktik of Biology. Patras, Grecia. 21 – 25 septiembre.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias* 19(2): 231-242.
- Gallego, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias* 3(3).
- García, J.E. (1997). La formulación de hipótesis de progresión para la construcción del conocimiento escolar: una propuesta de secuenciación de la enseñanza de la ecología. *Alambique* 14: 37-48.
- García, J.E. (1998). Fundamentos para la construcción de un modelo sistémico del aula. En: Porlan, R.; Garcia, E. y Cañal, P. (Eds.) Constructivismo y enseñanza de las ciencias Diada, Sevilla.
- García, J.E. (1999). Una hipótesis de progresión sobre los modelos de desarrollo e educación ambiental. *Investigación en la Escuela* 37: 15-27.
- García, J.E. (2004). Los contenidos de la educación ambiental: una reflexión desde la perspectiva de la complejidad. *Investigación en la escuela* 53: 5-19
- García, P. (2003). Modelitzar fenòmens: una combinació de gèneres lingüístics. En: Sanmartí, N. (Coord.) Aprendre ciències. Rosa Sensat, Barcelona: 211 – 234.
- Gracia, P. (2005 - En prensa). Los modelos como organizadores del currículo y la modelización como actividad fundamental en la enseñanza de las ciencias.
- García, P. y Sanmartí, N. (1998). Las bases de orientación: un instrumento para enseñar a pensar teóricamente en biología. *Alambique*, 16: 8-20.
- Gega, P. (1980). La enseñanza de las ciencias en la escuela primaria. Introducción y programas. Paidós, España.
- Giere, R.N. (1992a). La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo. Conacyt, Ciencia Básica, México.
- Giere, R.N. (Ed.). (1992b). Cognitive models of science. University of Minnesota Press, USA.
- Giere, R. N. (1997). Understanding Scientific Reasoning. 4ª edición, Harcourt Brace, USA.

Giere, R.N. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, 63-70.

Gilbert, J. (2000). Developing models in science education. Kluwer academic publishers. Dordrecht.

Gil, D. y Vilches, A. (2004). L'atenció a la situació d'emergència planetària en la educació científica: obstacles a superar. *Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya* 122:71-86.

Gilbert, J. (2002). Explaining with models. STEU Seminar, King's Collage London. From: Ratcliffe, M. (1998) (Ed.) ASE Guide to Secondary Science Education, Hatfield: 159-166.

Giordan, A., *et al.* (1998) Conceptos de Biología 2. La teoría celular. La fecundación. Los cromosomas y los genes. La evolución. Labor, Barcelona.

Glynn, S. (1990) La enseñanza por medio de modelos analógicos. En Denise K. (Comp.) El texto expositivo. Aique, Buenos Aires.

Gómez, A. (2002). Reflexiones sobre la utilización de un modelo mediador didáctico como herramienta auxiliar en la construcción del modelo de ser vivo e niños y niñas de nueve años. UAB. Treball de recerca. Documento interno.

Gómez, A., Sanmartí N. y Pujol, R. (2003) Aprendiendo Sobre los Seres Vivos en su Ambiente. Una Propuesta Realizada en la Escuela Primaria. *Aula, Innovación Educativa* 125: 54 – 58.

Gómez, A., Sanmartí, N. y Pujol, R. (2004) Production of Explanations in Primary Schools when Interpreting Environmental Disturbances. Fifth Conference of European Researches in Didaktik of Biology. Patras, Grecia. 21 – 25 septiembre.

Gómez, A. y Pigrau, T. (2005). Los seres vivos y los incendios forestales. Un nuevo enfoque del estudio de los seres vivos y el medio. *Praxis, Educación primaria, Orientaciones y Recursos* 11: 103-124.

Gunstone, R.F. (1994). The importance of specific science content in the enhancement of metacognition. En: Fensham, P., Gunstone, R. y White, R. (Eds.) The content of science. Palmer Press, Londres.

Green, J.L. (1983). Research on teaching as a linguistic process: a state of art. *Review of research in education* 10: 151-152

Gunstone, R.F. (1994). The importance of specific science content in the enhancement of metacognition. En: Fensham, P., Gunstone, R. y White, R. (Eds.) The content of science. Palmer Press, Londres.

- Gutiérrez, B. (1999). La ciencia empieza en la palabra. Cap. 1. Lenguaje científico y lenguaje común. Península, Madrid: 15 - 39
- Gutiérrez, P.J. (2000). Fundamentos pedagógicos y didácticos. En: Perales, P.F. y Cañal de León, P. (Eds.) Didáctica de las ciencias experimentales. Marfil, España.
- Gutiérrez, R. (1996). Modelos mentales y concepciones espontáneas. *Alambique 7*: 73-86.
- Gutiérrez, R. (1990). Aportaciones de la investigación en inteligencia artificial a la investigación en didáctica: El modelo mental mecánico de De Kleer y Brown. En: Escudero T. y otros. Aspectos didácticos de la física y la química 4. Zaragoza, España.
- Gutiérrez, R. (1999). La causalidad en los razonamientos espontáneos. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra: 31-36.
- Gutiérrez, R. (2001). Mentals models and the fine structure of conceptual change. En: Pinto, R. y Surinach, S. (Eds.) Physics Teachers Educational Beyond, 2000: 35-44.
- Gutiérrez, R. (2004). La modelización y los procesos de enseñanza aprendizaje. *Alambique 42*: 8-18.
- Hernández, F. (1996). Para comprender mejor la realidad. Tema del mes Proyectos de trabajo. *Cuadernos de pedagogía 243*: 48 -53.
- Helldén, G. (2003). The development of students' antropomorphic reasoning in their explanations of scientific phenomena. 4th Conference ESERA, Netherlands
- Heywood V.H. y Watson R.T. (Eds.) (1995). Global biodiversity assesment. UNEP.
- Izquierdo, M. (1999). Memoria de acceso a la plaza de catedrática. Bellaterra, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. en Perales, F.J. y Cañal P. (Eds.). Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias. Marfil, Alcoy, España: 11-34.
- Izquierdo, M. (2001). Hacia una teoría de los contenidos escolares. Conferencia en el VI Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias. Barcelona, España.
- Izquierdo, M. (2004a). Representación de las teorías de los alumnos mediante mapas "lógicos". Los conceptos-modelo. Documento interno UAB. Bellaterra, Barcelona.



Izquierdo, M. (2004b). Ensenyar ciències per conèixer la naturalesa del coneixement científic. *Revista del Co.legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya*. 122:45-56

Izquierdo, M., *et al.* (1999) Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, 79-91.

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 models of science to didactics of science. Sixth conference of the International History, Philosophy and Science Teaching Group. 7-10 nov. Denver, Colorado, USA.

Izquierdo, M y Sanmartí, N. (2003) “Fer” ciencia a través del llenguatge. En: Sanmartí, N. (Coord.) Aprendre ciències. Rosa Sensat, Barcelona: 9 – 28.

Izquierdo, M., *et al.* (2004). Ciencia escolar y complejidad. *Investigación en la escuela*: 53: 21-30.

Jiménez, M.P. y Sanmartí, N. (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: Objetivos y contenidos en la educación secundaria. En: Carmen, L. (Coord.) La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria: 17-46.

Jiménez, M.P. y Díaz, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias* 21(3): 359-370.

Jorba, J.; Gómez, I. y Pratt, A. (Eds.). (2000). Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situaciones de enseñanza- aprendizaje desde las áreas curriculares. Síntesis, UAB, Madrid.

Jorba, J. y Sanmartí, N. (1994). Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas. Ministerio de Educación y Cultura, Barcelona Publicaciones MEC, Madrid, España.

Kitano, H. (2002) System Biology: A brief overview. *Science* 295: 1662-1664.

Knowles, D. (ed.), (1990). Explanation and its limits. Cambridge Univ. Press., USA.

Koesler, A. (1967). The ghost in the machine. McMillan, Nueva York, USA.

Kolasa, J. y Pickett, S. (1991). Ecological Heterogeneity. Springer, Verlag Press. Nueva York, USA.

- Lemke, J. (1997). Aprender a hablar ciencia. Paidós, Barcelona. (Edición original en inglés de 1993).
- Linares, R. (2002) Análisis sobre el uso de las analogías en los cursos del Departamento de Química de la Universidad del Valle. Treball de recerca Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas. UAB. España.
- Linares, R. (2004). Elemento, átomo y sustancia simple. Una reflexión a partir de la enseñanza de la tabla periódica en los cursos generales de química. Tesis de doctorado, UAB. Bellaterra, Barcelona.
- Marba, A. (2004). Com es comunica el coneiximent científic en els textos escolars. Una proposta d'anàlisi. Trabajo de investigación UAB. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas. Bellaterra, Barcelona
- Marco-Stiefeled, B. (2000). La alfabetización científica. En: Perales, P.F. y Cañal de León, P. (Eds.) Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias. Marfil, España.
- Margalef, R. (1983). Ecología. Planeta, 3er. Ed., Barcelona, España.
- Margulis, L. y Sagan. D. (1995). ¿Qué es la vida? Tusquets, Barcelona.
- Margulis, L. y Sagan. D. (1997). ¿Qué es el sexo? Tusquets, Barcelona.
- Márquez, C. (2002) La comunicació multimodal en l'ensenyament del cicle de l'aigua. Tesis Doctoral. Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas. UAB, España.
- Márquez, C., *et al.* (2004). La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras. *Investigación en la escuela* 53:71-81.
- Martín, M. (2004). Educar para participar en ciencia i tecnologia. *Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya*. 122: 57-70.
- Mases, M y M.J. de Molina (1996) De las intenciones a la práctica. Tema del mes: los proyectos de trabajo. *Cuadernos de pedagogía* 243: 54 –57.
- Martins, I. (2004). Alfabetizació científica. Una perspectiva cultural en la societat del coneixement. *Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya*. 122: 30-44
- Mayr, Ernest (1992) Una larga controversia: Darwin y el Darwinismo. Drakontos, Barcelona, España.

- Mayr, E. (1998). Así es la Biología. Debate Pensamiento, España.
- Mellado, V. y González, T. (2000). La formación inicial del profesorado de ciencias. En: Perales, P.F. y Cañal de León, P. (Eds.) *Didáctica de las ciencias experimentales*. Marfil, España.
- Mercer, N. (1996). Las perspectivas socioculturales y el estudio del discurso en el aula. En: Coll, C. y Edwards, D. (Eds.) Enseñanza, aprendizaje y discurso en el aula. Cultura y Conciencia, Madrid, España.
- Mondelo M.; García, S.; Martínez, C. 1998. Criterios que utilizan los alumnos universitarios del primer ciclo para definir "Ser vivo". *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3): 399-408.
- Nersessian, N.J. (1992). Conceptual change in science and science education. *Syntese* 80: 163-186.
- Ogborne, J., *et al.* (1998). Formas de explicar la enseñanza de las ciencias en secundaria. Santillana, España.
- Oliva, J.M., *et al.* (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias* 21(3): 429-444.
- Orgel, L. (1994). Francis Crick (1916-2004). *Science* 305: 118.
- Pedrinaci, E. y Del Crmen, L. (1997). La secuencia de contenidos: mucho ruido y pocas nueces. *Alambique* 14: 9-20.
- Pérez, A. (2001). El conocimiento profesional del docente en la sociedad de la información. Actas del Simposi sobre la formació inicial dels professionals de l'educació. Separata. UdG., Girona, España.
- Pickett, S., Kolasa, J. y Jones, C. (1994). Ecological understanding. Academic Press, USA.
- Pickett, S. y White, P. (1985). Patch Dynamics: A synthesis. En: Pickett, S. y White, P (Eds.) The ecology of natural disturbances and patch dynamics. Academic Press, Londres: 371- 384.
- Piemont, I. 1994. Coneiximent del medi natural. Eumo, Barcelona.
- Pinto, R., *et al.* (2002). Dealing with smulation micro-worlds in science classes. European comisión, IKUITSE.

- Pozo, J.I. (1993). Teorías cognitivas del aprendizaje. Morata, Madrid, España.
- Pujol, R.M. (1997). L'educació ambiental i els eixos transversals. En: Franquesa, T., *et al.* L'educació ambiental a l'escola: noves línies de reflexió i actuació. Rosa Sensat, Barcelona.
- Pujol, R.M. (1998). Modelos de integración de la educación del consumidor en el curriculum escolar un análisis desde el área de ciencias. Tesis doctoral. Bellatera, UAB, España.
- Pujol, R.M. (1999). Ambientalització i escola. Perspectiva escolar. 235. Rosa Sensat, Barcelona.
- Pujol, R.M. (2003). Didáctica de las ciencias en la educación primaria. Síntesis, España.
- Reid, D.J. y Hodson, G. (1993). Ciencia para todos en secundaria. Nancea, Madrid.
- Rodrigo, M.J., Rodríguez, A. y Marrero, J. (1993). Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano. Aprendizaje Visor, Barcelona.
- Sáez, M.J. (Coord.) (1998). La cultura científica, un reto educativo. La Muralla, Madrid.
- Sanmartí, N. (1996). Para aprender ciencias hace falta aprender a hablar sobre las experiencias y sobre las ideas. *Textos* 8: 27-39.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En: Perales, F.J. y Cañal. P. (Eds.). Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias. Marfil, Alcoy: 239-266.
- Sanmartí, N. (2002). Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria. Síntesis, España.
- Sanmartí, N. (Coord.). (2003). Aprende ciències. Tot aprenent a escriure ciència. Rosa Sensat, Barcelona.
- Sanmartí, N. y Pujol. R. (2002). ¿Qué comporta “capacitar para la acción” en el marco de la escuela? *Investigación en la escuela* 46: 49 – 54.
- Sardà, A. y Sanmartí, N. (2000) Ensenyar a argumentar científicament un repte en las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias* 18(3): 405-422.
- Schon, D. (1992). Formación de profesionales reflexivos. Paidós Ibérica, Barcelona, España.

- Solsona, N. (1999). El aprendizaje del concepto de cambio químico en el alumnado de secundaria. *Investigación en la escuela*, 38: 65-75.
- Sutton, C. (1992). Words, science and learning. Open university press. U.K.
- Sutton, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Didáctica de las ciencias experimentales* 12: 8-32.
- Tamayo, O. (2001). Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración. Tesis de doctorado, UAB. Bellaterra, Barcelona.
- Terradas, J. (1996). Ecología del foc. Proa, Barcelona, España.
- Terradas, J. (2001). Ecología de la vegetación. Omega, Barcelona, España.
- Thagard, P. (1992). Analogy, explanation, and education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6): 537-544.
- Tilló, T. (1999). Didáctica de les ciències naturals. Biología. Universitat de Barcelona, Barcelona, España.
- Tuson V., A. (1999 - 2000). Una propuesta para el análisis del discurso oral: la Etnografía de la Comunicación. Apuntes para el curso Análisis del discurso y enseñanza de las ciencias y matemáticas. Bellaterra, UAB, España.
- Ventura, M. (1996). ¿Cambian los docentes cuando trabajan por proyectos de trabajo? *Cuadernos de pedagogía* 243. Tema del mes: los proyectos de trabajo: 58 – 62.
- Varela, F. (1995). Haciendo camino al andar. En: Levelock, J, *et al.* GAIA, implicaciones de la nueva biología. 3ª ed. Cairós, Barcelona.
- Veslin, J. (1988). Quels texts scientifiques espere-t-on voir les elves ecrire? *Aster* 6: 91-127. España.
- Vigotsky, L.S. (1989). El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Grijalbo, España.
- Vigotsky, L.S. (1995). Pensamiento y lenguaje. Paidós, Barcelona.
- Watson J.D. y Crick, F.H. (1953). A structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature* 171:737.
- Watson, J.D. (1994). La doble hélice. Salvat, Barcelona.

Watts, M. y Benthley, D. (1994). Humanizing and feminizing school science: reviving antropomorphic and animistic thinking in constructivist sciencie education. *Int. J. Sci. Edu.* 16(1): 83-97.

Weizs, B.P. (1975). La ciencia de la biología. Omega, España.

White, P.S. y Pickett S.T.A. (1985). Natural disturbance and patch dynamics: An introduction. En: Pickett S.T.A. y White, P.S. (Eds.) The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Acadeic Press, Londres: 3-18.

White, R.T, y Mitchell, I.J. (1994). Metacognition and the quality of learning. *Studies in Science Education* 23: 21-37.

Zohar, A. y Ginossar, S. (1998) Lifting the taboo regarding teleology and antropomorphism in biology education – heretical suggestons. *Science Education* 82(6): 679-697.

## **Bibliografía del bosque mediterráneo catalán**

Can Coll. (1997). Collserola. Experimentem el Bosc. Educació infantil i cicle inicial d'EP. Paronat Metropolità del Parc de Collserola, Barcelona.

Cañas, J. *et al.* (1990). Rehabilitación tras el fuego: el caso de los incendios forestales de Montserrat. *Quercus* 53:12-17

Cañas, J. Mascaró, J. Y Munujos, H. (1995). Parc de Collserola. Llibre Guia. Àrea metropolitana de Barcelona. Barcelona, España.

Floch, R. (1993). Mediterrànies. Enciclopèdia Catalana Biosfera. UNESCO. Barcelona, España.

Folch R. (1981). La vegetació dels països catalans. Ketres, España.

Franquessa, T. y Cañas, J. (1987) Entorn del foc i de les seves conseqüències. *Informatiu* 7: 10-16

Margariti, M. (1996). Així és el Parc de Collserola. Mediterrània. Barcelona.

Mas Pins. (1994). Collserola. Investigació sobre el bosc. Paronat Metropolità del Parc de Collserola. Barcelona.

Mas Pins. (1996). Collserola. Descoberta de la vegetació. Educació infantil i cicle inicial d'EP. Paronat Metropolità del Parc de Collserola. Barcelona.

Mas Pins. (1996). Collserola. Investigació faunística. Ensenyament secundari. Paronat Metropolità del Parc de Collserola. Barcelona.

Mas Pins. (1997). Collserola. Descoberta de la fauna. Paronat Metropolità del Parc de Collserola. Barcelona.

Mas Pins. (1998). Collserola. Descoberta de la geografia. Educació infantil i cicle inicial d'EP. Paronat Metropolità del Parc de Collserola. Barcelona.