

CAMBIO CONCEPTUAL Y CONSTRUCCIÓN DE MODELOS CIENTÍFICOS PRECURSORES EN EDUCACIÓN INFANTIL

SABRINA PATRICIA CANEDO-IBARRA / JOSEP CASTELLÓ-ESCANDELL / PALOMA GARCÍA-WEHRLE / ALMA ADRIANNA GÓMEZ-GALINDO / ALEJANDRO RAFAEL MORALES-BLAKE

Resumen:

La línea de investigación sobre cambio conceptual ha sido de las más fructíferas en enseñanza de las ciencias en los últimos años, sin embargo, no existen trabajos que analicen este proceso en preescolares. Aquí se abordan los cambios epistemológicos y ontológicos en las concepciones de niños de 5-6 años sobre los seres vivos, después de un periodo de instrucción enmarcado en un contexto dialógico y utilizando una estrategia didáctica basada en la construcción de un modelo científico precursor. Los resultados, basados en análisis de entrevistas, muestran que los cambios dieron lugar a dos patrones de aprendizaje: uno *en transición*, en que los niños están en proceso de construcción del modelo científico precursor, y otro *científico*, en el que la mayoría construye dicho modelo.

Abstract:

The line of research on conceptual change has been one of the most fruitful in science teaching in recent years; however, studies have not analyzed the process among preschool children. This article analyzes the epistemological and ontological changes in five- and six-year-old children's conceptions of living things, following a period of instruction that employed dialogue and a didactic strategy based on the construction of a precursory scientific model. The results, determined from an analysis of interviews, show that the changes gave rise to two learning patterns: one pattern in transition, in which children are in a process of constructing a precursory scientific model; and a scientific pattern in which most of the children construct the model.

Palabras clave: cambio conceptual, modelos, educación científica, educación infantil, España.

Keywords: conceptual change, models, scientific education, early childhood education, Spain.

Sabrina Patricia Canedo-Ibarra es Directora Técnica de Educación Primaria de la Universidad St. John's. Av. Paseo de las Gaviotas s/n, 28869 Manzanillo, Colima, México. CE: sabrinacanedo@hotmail.com

Josep Castelló-Escandell y Paloma García-Wehrle laboran en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y la Matemática de la Universidad de Barcelona, España. CE: josep.castello@ub.edu / palomagarcia@ub.edu
Alma Adrianna Gómez-Galindo labora en Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados, unidad Monterrey, México. CE: agomez@cinvestav.mx

Alejandro Rafael Morales-Blake labora en la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad de Colima, campus El Naranjo, México. CE: mblake@ucol.mx

Introducción

En la investigación sobre el aprendizaje de la ciencia, una perspectiva que ha tenido un gran impacto es la que asume el aprendizaje como un proceso de cambio conceptual. En ella se considera que éste es un proceso en el que los niños reorganizan sus conocimientos con el objeto de comprender los conceptos y los procesos de la ciencia de una forma más completa. Estos conocimientos se generan durante su desarrollo, al ir adquiriendo una comprensión de los fenómenos naturales basada principalmente en experiencias interpretadas a través de su sentido común. Éstas, por lo general, están embebidas en su universo cultural (Halldén, 1999) y se estimulan emocionalmente (Pintrich, Marx y Boyle, 1993), de tal forma que, en la medida en que los niños van creciendo, este proceso cada vez es más complejo. Teorías recientes sobre el aprendizaje de las ciencias consideran el cambio conceptual como un proceso de construcción desde una perspectiva multidimensional (Tyson *et al.*, 1997) en la que para comprender estos cambios deben tomarse en cuenta otros aspectos, además de los cognitivos, como los afectivos y sociales.

Por otra parte, parece ser que una estrategia adecuada para promover el cambio conceptual es la modelización (Canedo-Ibarra, 2009; Canedo-Ibarra *et al.*, 2010). El enfoque de *modelización*, desde la perspectiva de la ciencia escolar (Izquierdo *et al.*, 1999; Izquierdo, 2005), ha mostrado que los niños se involucran en un proceso de construcción de modelos a través del pensamiento, el lenguaje y la acción (Archer, Arcà y Sanmartí, 2007; García, 2003; Canedo-Ibarra, 2005, 2009; Canedo-Ibarra *et al.*, 2010; Sanmartí, 2003), promoviendo el enriquecimiento y reestructuración del conocimiento.

Si bien existen numerosos estudios sobre cambio conceptual, este proceso no ha sido estudiado en niños en edad preescolar. Así, surge la pregunta de si es posible promoverlo en niños pequeños, y, en su caso, qué características muestran los cambios presentados y cuáles son los retos al trabajar con pequeños en edades tempranas. Este artículo intenta arrojar luz a estas interrogantes y, en su caso, abrir el planteamiento de nuevas preguntas.

En función de lo anterior, los objetivos de esta investigación son:

- 1) Caracterizar los cambios que ocurren en las concepciones de los niños pequeños acerca de los seres vivos, después de un periodo de instrucción, bajo una perspectiva de cambio conceptual.

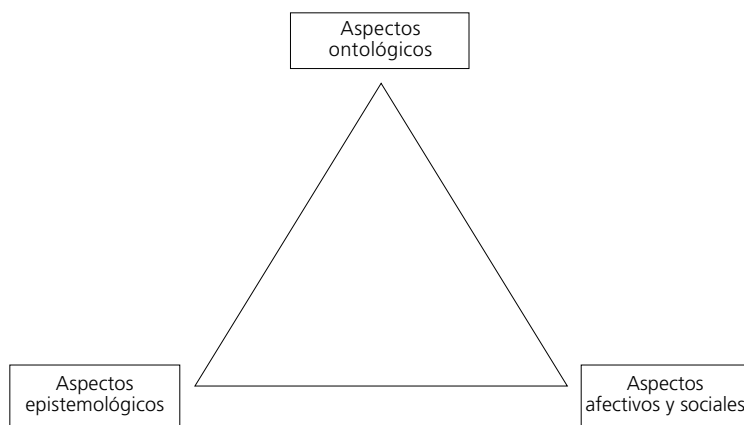
- 2) Caracterizar el modelo de ser vivo que construyen los niños, después de un proceso de instrucción, considerando los aspectos ontológico y epistemológico.
- 3) Discutir las características de cambio conceptual identificado en niños pequeños.

Marco teórico

El cambio conceptual se explica a partir de, por lo menos, cuatro perspectivas teóricas (Harrison y Treagust, 2001): epistemológica (Posner *et al.*, 1982; Thagard, 1992); del desarrollo (Carey, 1985); ontológica (Chi, Slotta y Leeuw, 1994); y socio-afectiva (Pintrich, Marx y Boyle, 1993). Por ello, Tyson *et al.* (1997) sugieren utilizar un marco multidimensional para analizar e interpretar el cambio conceptual (figura 1). En el presente estudio se considera esta perspectiva abordando específicamente los aspectos epistemológicos y ontológicos del cambio.

FIGURA 1

Modelo multidimensional del cambio conceptual (tomado de Tyson et al., 1997)



La perspectiva ontológica que más impacto ha tenido en la investigación educativa es la que proponen Chi, Slotta y Leeuw (1994). Estos autores consideran el cambio como un proceso ontológico en el que los niños, que tienen concepciones no científicas, necesitan modificar la forma

en que conciben los conceptos. Según esta propuesta, todos los objetos tienen propiedades determinadas y se clasifican en un número limitado de categorías ontológicas. Cuando se interpreta un hecho o un objeto se le atribuye una serie de características, por lo que pertenece a una determinada categoría ontológica; Chi, Slotta y Leeuw (1994) distinguen tres categorías principales, denominadas “árboles”: *materia (o cosas)*, *procesos*, y *estados mentales* (figura 2).

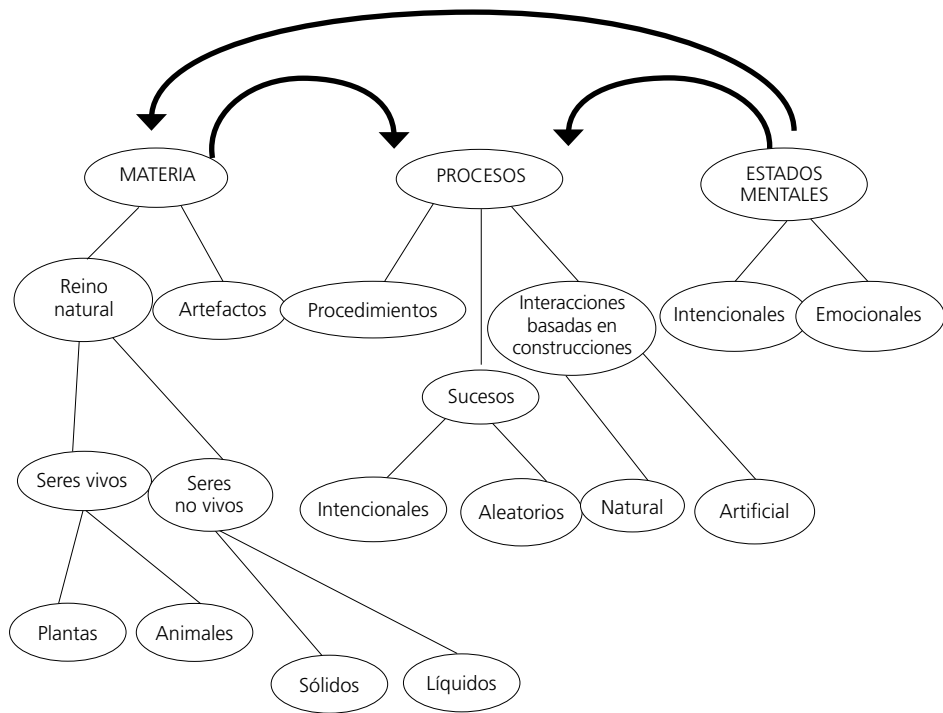
En cada categoría principal se encuentra incluida una jerarquía de subcategorías o “ramas”; cada cual puede tener *miembros y atributos* (propiedades que una entidad puede poseer potencialmente como consecuencia de pertenecer a una categoría ontológica dada). Los conceptos en el árbol *materia* son más concretos que abstractos y más descriptivos que teóricos, que aquellos incluidos en los árboles *procesos* o *estados mentales*. Si se considera que algo es *materia*, se le atribuyen ciertas propiedades “materiales” (peso, volumen, color, etcétera); en cambio, interpretar algo como un *proceso* implica concebirlo como un hecho o suceso que ocurre en el tiempo y que puede ser de diferente naturaleza. Si se considera un objeto o una situación como un *estado mental*, se le atribuye tener “mente”, es decir, tiene el deseo o la intención de hacer algo (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Las categorías en un árbol dado difieren ontológicamente de cualquier otra categoría en otro árbol debido a que no comparten atributos ontológicos.

Para Chi, Slotta y Leeuw (1994), el cambio conceptual ocurre cuando un concepto tiene que reasignarse a una categoría ontológica distinta (figura 2). El realismo ingenuo de los niños suele reducir los fenómenos a *estados mentales*: las cosas son de una cierta forma porque así tienen la intención de ser. Una gran parte de las explicaciones de los niños son tautológicas y animistas, limitándose a afirmar o describir el estado del mundo sin remitirlo a otras entidades conceptuales. Los niños desarrollan su comprensión conceptual cuando cambian los conceptos situados en su mente de una categoría ontológica a la que pertenecen, es decir, de una categoría no científica a la científicamente aceptada.

La mayoría de las teorías sobre el cambio conceptual lo han considerado principalmente como una polarización de niveles bajos y altos; sin embargo, Thagard (1992) propone otra teoría con una perspectiva de análisis más detallado basado en la fuerza de diferentes reglas de explica-

ción en un sistema conceptual (coherencia explicativa). La organización de los sistemas conceptuales de Thagard (1992) sigue un esquema similar a las categorías ontológicas de Chi, Slotta y Leeuw (1994), de esta forma, los sistemas conceptuales se organizan en jerarquías de clase y jerarquías de partes vinculadas entre sí por reglas. Un sistema conceptual puede analizarse como una red de nodos donde cada uno corresponde a un concepto, y cada enlace en la red se relaciona con un vínculo entre los conceptos. Si el sistema conceptual consiste en una red de nodos con enlaces, entonces el cambio conceptual consiste en la adición o eliminación de nodos y enlaces (Thagard, 1992). Así, los conceptos se añaden, se eliminan o se reasignan en el sistema conceptual, estableciéndose nuevos enlaces y nuevas reglas y, por lo tanto, cambios de una jerarquía a otra.

FIGURA 2
Categorías y subcategorías ontológicas



Thagard (1992) sugiere que el cambio conceptual puede tener lugar en varios grados, de los cuales caracteriza nueve, también denominados niveles (cuadro 1).

CUADRO 1

Niveles de cambio conceptual según Thagard (1992)

Niveles	Descripción
1. "Añadir un ejemplo"	Implica un cambio en la estructura del concepto, pero estos nuevos ejemplos, por lo general, son triviales
2. "Añadir una regla débil"	Resolución de problemas en menor grado
3. "Añadir una regla débil"	Resolución de problemas en mayor grado
4. "Añadir una nueva relación de partes" o "descomposición"	Implica la adición de esta nueva parte, a la jerarquía de partes para formar nuevos conceptos
5. "Añadir un nuevo tipo de relaciones"	Se refiere a establecer relaciones entre dos cosas que anteriormente se consideraban distintas
6. "Añadir un nuevo concepto"	Se añade un nuevo concepto a la estructura conceptual
7. "Colapsar una parte del tipo de jerarquía"	Requiere el abandono de una previa distinción
8. "Saltar de rama"	Requiere el movimiento del concepto de una rama de un árbol jerárquico a otro
9. "Intercambio de árbol"	Requiere cambios en la organización de la jerarquía principal del árbol

Según Thagard, el nivel en el que tiene lugar el cambio conceptual determina si es parte de un proceso evolutivo o una revolución. Considera que los cambios en los niveles 8 y 9 conllevan adoptar un nuevo sistema conceptual, como en los casos de "intercambio de árbol" o "saltando de rama" (los tipos de cambio más fuertes) (cuadro 1). Los cambios en estos niveles *son holísticos y revolucionarios*, ya que la base epistemológica de la información previa se ve alterada, dando lugar al reemplazo de concepciones y, por lo tanto, se produce un cambio que modifica sustancialmente la estructura de conocimiento previa. En estos cambios *revolucionarios* tiene lugar una redefinición epistemológica acerca de la naturaleza de qué y cómo se conoce.

Por otra parte, los cambios en los niveles 1, 2 y 3, como “añadir nuevas instancias” o “añadir nuevas reglas”, son cambios en forma de *adición* (cuadro 1). El sujeto “acomoda” su estructura de conocimiento como resultado de la incorporación o “adición” de nueva información, pero las bases epistemológicas de la información previa no se ven alteradas, aunque se modifique la concepción inicial, por lo que los cambios no son tan significativos. Thagard (1992) considera estos cambios como *cambios conceptuales débiles*.

Havu-Nuutinen (2000; 2005) considera que esta perspectiva es una forma relevante de analizar los procesos de cambio conceptual en los niños, debido a su connotación epistemológica y a la naturaleza gradual, lenta y compleja del cambio.

Tanto el proceso de reestructuración del sistema conceptual (Thagard, 1992) como el de la recategorización de las entidades del mundo (Chi, Slotta y Leeuw, 1994) nos pueden proporcionar una visión de cómo se lleva a cabo el aprendizaje de las ciencias en el contexto escolar. Sin embargo, el proceso de aprendizaje conceptual en un contexto educativo no está sólo gobernado por factores cognitivos, por lo que el cambio debe analizarse y discutirse en el contexto en el que tiene lugar (Halldén, 1999).

Así, las perspectivas vygotskianas y neovygotskianas del constructivismo establecen que la interacción social es uno de los principales factores en la construcción del conocimiento científico en los niños (Chinn, 1998). En la escuela, el aprendizaje se media a través de las interacciones sociales entre los miembros de la comunidad en la medida en que participan en las diversas actividades. El aprendizaje de los niños está influido por las tareas organizadas en el aula, donde sus acciones y comprensión se basan en el contexto de las acciones y comprensiones de los compañeros y el profesor que participan en ellas. En este proceso de mediación, las herramientas psicológicas y técnicas desempeñan un papel fundamental (Vygotsky, 1986). Por un lado, las psicológicas proporcionan al niño una forma de mirar los fenómenos, así como un modo de hablar, actuar y pensar acerca de ellos; por otro, las herramientas técnicas (microscopios, lupas, balanzas, tablas, gráficas) le ofrecen el acceso a las diferentes perspectivas del fenómeno, permitiéndole observar sus diferentes características o cambiar su apariencia, esto es, ver y manipular su entorno. Por lo anterior, en este estudio se utiliza una intervención didáctica en la que se considera el aprendizaje desde una perspectiva socioconstructivista, en un contexto dialógico.

Por otra parte, parece ser que una estrategia adecuada para promover el cambio conceptual es la modelización. El proceso de aprendizaje a través de la construcción de modelos es central en la formación de teorías científicas y puede serlo en la enseñanza-aprendizaje de la ciencia (Clement, 1989, 2000; Giere, 1992). El uso de modelos y analogías en la educación científica puede ayudar a los niños a desarrollar una comprensión acerca de la naturaleza de la ciencia y de sus conceptos (Adúriz-Bravo *et al.*, 2005; Coll, 2005). Además, el enfoque de *modelización*, desde la perspectiva de la ciencia escolar (Izquierdo *et al.*, 1999), ha mostrado evidencias de que los pequeños se involucran en un proceso de construcción a través del pensamiento, el lenguaje y la acción (Archer, A.; Arcà y Sanmartí, 2007; Canedo-Ibarra, 2005, 2009; Canedo-Ibarra, Castelló y García, 2007a).

La construcción de modelos, como representaciones simbólicas, se basa en articulaciones progresivas entre los registros empíricos, formales y cognitivos (Weil-Barrais, 1997, 2001), pero la génesis y el uso de modelos en la enseñanza de la ciencia es el resultado de procesos educativos especialmente orientados, de larga duración, y que necesitan un alto nivel cognitivo para su construcción. Por tanto, el concepto de modelización se presenta de una forma singular en la educación infantil: la construcción de modelos en niños pequeños no consistiría en la adquisición del modelo en sí, sino de elementos *clave* incluidos en el modelo científico.

En este sentido, Lemeignan y Weil-Barrais (1993) proponen el enfoque de *modelos científicos precursores* (MCP) para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias con niños pequeños. Estos modelos son compatibles con los modelos científicos, ya que se edifican sobre la base de elementos *clave* incluidos en ellos y tienen un rango limitado de aplicación. Se trata de estructuras cognitivas generadas en el contexto educativo que constituyen las bases para subsecuentes construcciones, las cuales, sin estas bases, pueden ser difíciles o imposibles de elaborar (Weil-Barrais, 2001). El concepto de MCP es un enfoque que ha mostrado ser adecuado para el progreso cognitivo de los niños (Canedo-Ibarra, 2009; Canedo-Ibarra *et al.*, 2010; Ravanis, 2000), puesto que les permite comenzar a construir las bases del modelo científico que será ampliado y definido a través de intervenciones didácticas posteriores (Pujol, 2003).

Este *modelo precursor* puede considerarse uno *de enseñanza*, en palabras de Gilbert y Boulter (1998) y de Erduran y Duschl (2004), y también un *modelo inicial o escolar* (Canedo-Ibarra, 2005; Izquierdo *et al.*, 1999; Pujol,

2003; Sanmartí, 2005); es decir, un modelo estructurante especialmente construido para promover la comprensión de un fenómeno del mundo desde un punto de vista científico escolar, con diversos grados de especificidad y de abstracción (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2001, 2003; Izquierdo, 2005). De esta forma, un modelo científico precursor puede utilizarse como guía para la enseñanza y como objetivo de enseñanza-aprendizaje y, a su vez, como elemento modelizador (Canedo-Ibarra, 2009; Canedo-Ibarra *et al.*, 2010). El modelo científico precursor ha de estar adaptado a las condiciones cognitivas de los niños para que comiencen a ver e interpretar los fenómenos desde la perspectiva científica.

Metodología

Enfoque metodológico y sujetos de estudio

El enfoque metodológico de esta investigación ha sido etnográfico en una vertiente descriptiva interpretativa (Erickson, 2003), utilizando técnicas cualitativas en la obtención y análisis de datos. El trabajo se abordó como un estudio de casos (Merriam, 1998), en una clase de educación infantil del Centro de Educación Infantil y Primaria (CEIP) “Els Pins” de la ciudad de Barcelona, España, utilizando la técnica de observación participante (Erickson, 2003). Abordar la investigación como estudio de caso permitió hacer una descripción y un análisis exhaustivo de los procesos involucrados en el desarrollo de la comprensión acerca de los seres vivos, haciendo énfasis en la experiencia misma y su interpretación.

Se trabajó con un grupo de 23 niños y niñas de 5-6 años de edad que se dividió, a su vez, en equipos de cuatro para facilitar el intercambio de ideas entre ellos y la docente (Rafal, 1996).

Diseño de la investigación

Para recoger los datos se utilizó un diseño pre-test, intervención didáctica o instrucción y post-test. En los dos test se realizaron entrevistas “acerca de instancias” (Carr, 1996) de forma individual, para identificar las ideas iniciales de los niños y sus explicaciones después de la intervención; a partir de los resultados en ambos, se evaluaron los cambios en sus concepciones.

Caracterización del modelo científico precursor

El modelo científico precursor se definió con base en el modelo científico (Campbell y Reece, 2002) y las ideas o representaciones iniciales de

los niños obtenidas a partir del pre-test y considerando dos (nutrición y reproducción) de los campos propuestos en el modelo escolar de ser vivo de García (2005). De esta forma, el modelo precursor se basa principalmente en las siguientes propiedades: *intercambio de energía, crecimiento y desarrollo, y reproducción*.

Descripción de la intervención didáctica

El proceso de instrucción (figura 3) se llevó a cabo una semana y media después de aplicarse el pre-test, con el objetivo de apoyar la comprensión conceptual de los seres vivos. Cada equipo de cuatro niños realizó las actividades de enseñanza-aprendizaje en el laboratorio escolar dos o tres veces por semana, dependiendo de la disponibilidad de horario. Durante la instrucción se promovió constantemente el habla de los pequeños para que intercambiaran ideas, experiencias y emociones; asimismo, las actividades estuvieron apoyadas por materiales diversos, como organismos vivos, dibujos y fichas de trabajo. En este contexto social los niños expresaron sus pensamientos actuando sobre diversos elementos que favorecieron la construcción de sus explicaciones. El rol de la docente fue promover el trabajo experimental, cuestionando y guiando a los alumnos hacia la elaboración de justificaciones, tratando de que identificaran propiedades relevantes que caracterizan a los seres vivos. Las principales condiciones para promover el cambio conceptual fueron la interacción social, el trabajo colaborativo en los equipos de trabajo y la participación activa de los niños en las tareas de aprendizaje.

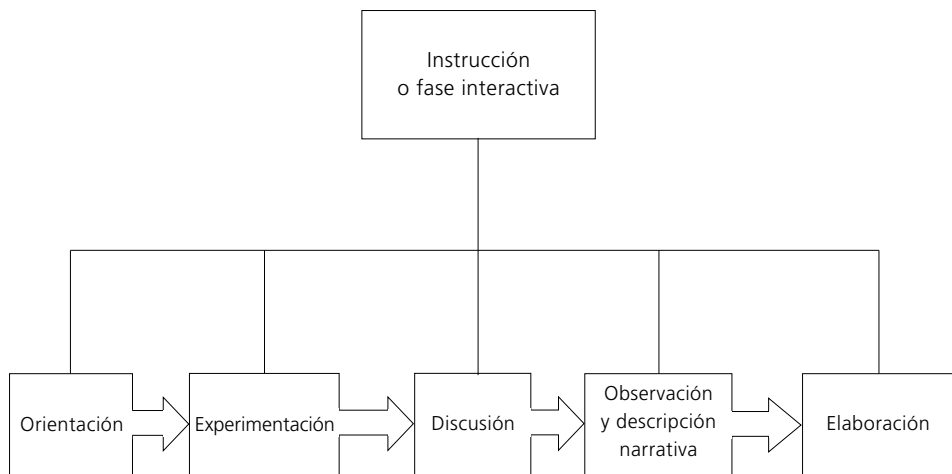
Esta fase tuvo un enfoque de enseñanza colaborativa (Boulter, 2000), utilizando el aprendizaje por descubrimiento guiado (Ausubel y Robinson, 1969) y exploratorio (Johnston, 1996), y siguiendo un patrón *orientación—experimentación—observación y descripción narrativa—discusión—elaboración*, basado en Driver y Oldham (1986).

En la fase de *orientación* se introdujo a los niños en el tema y se plantearon los objetivos de aprendizaje motivando su interés y curiosidad. En una primera actividad se les pidió que hablaran acerca de las características de los seres vivos, comparando una planta natural con una artificial y ratones de juguete con hámsters. Los niños describieron y expresaron los criterios que utilizaron para clasificar a los seres vivos y a los no vivos promoviendo el inicio del cambio conceptual y la construcción del modelo precursor de

ser vivo. La parte de *experimentación* consistió en pedirles que hablaran acerca de las necesidades de las semillas para germinar, proponiéndoles y guiándoles para diseñar un experimento y observar el fenómeno. Los niños pusieron a germinar semillas de frijol bajo diversas condiciones, exponiendo sus hipótesis y predicciones y evaluándolas posteriormente al discutir los resultados de la experimentación. Consideraron las variables agua, tierra, luz y aire. Posteriormente, siguieron las fases de *observación y descripción narrativa* y *discusión* donde trabajaron con el ciclo de vida de *Brassica campestris*, una planta modificada genéticamente de rápido crecimiento y desarrollo, y una pareja de macho y hembra de hámsters que posteriormente tuvieron crías.

Así, observaron, dibujaron, describieron y discutieron, principalmente, los procesos de desarrollo y crecimiento así como de nutrición y reproducción, y evaluaron sus ideas iniciales estableciendo comparaciones con sus observaciones. Finalmente, en la fase de *elaboración* se les pidió que clasificaran y caracterizaran nuevamente los seres vivos y no vivos, argumentando sus respuestas y construyendo mapas conceptuales con ayuda de la docente.

FIGURA 3
Esquema de la intervención didáctica



Análisis de datos

Los pre-test y post-test se audio y videograbaron para su posterior transcripción y análisis. El análisis cualitativo de la información consideró lo siguiente:

- 1) Identificar los cambios en las respuestas de las entrevistas semiestructuradas de los pre-test y post-test, caracterizando los cambios desde las teorías del cambio conceptual siguiendo a Thagard (1992) y a Chi, Slotta y Leeuw (1994).
- 2) Caracterizar los modelos que construyeron los niños para establecer diferencias cualitativas en sus explicaciones sobre los seres vivos y no vivos, específicamente entre sus ideas iniciales y las posteriores a la fase de instrucción.

Se realizó un análisis de contenido de los datos verbales (Chi, 1997), las unidades de estudio fueron los diálogos de interacción en forma de protocolos interactivos (Hogan, Nastasi y Pressley, 2000), que registraron acontecimientos comunicativos y aportaciones individuales de razonamiento.

Categorización de los datos

La descripción de los datos se basa en un sistema de categorización construido durante el análisis que se describe a continuación. La categorización para seres vivos se muestra en el cuadro 2 y para los no vivos en el cuadro 3.

Seres vivos y seres no vivos

La categorización de *seres vivos* considera las propiedades biológicas que aparecen en las descripciones de los niños acerca de los seres vivos, tanto en la fase previa como posterior a la instrucción. La primera categoría *respuestas no relevantes o conceptos no científicos* representa un nivel bajo en la descripción de los seres vivos. Los niños dan respuestas tautológicas y animistas, no utilizan conceptos científicos en sus descripciones o no responden. Las otras cinco categorías *utilización¹ de energía, orden, crecimiento y desarrollo, reproducción y respuesta al medio ambiente* representan un alto nivel en la descripción de los seres vivos. *Utilización de energía*, a su vez, tiene cuatro subcategorías: *movimiento, excreción, respiración y necesidad de dormir* (cuadro 2).

CUADRO 2

Categorización de las respuestas de los alumnos para seres vivos

Criterios		Descripción
Respuestas no relevantes / conceptos no científicos		No menciona ningún concepto científico relacionado con las propiedades biológicas de los seres vivos o las respuestas fueron no relevantes
Utilización de energía	Movimiento	Las respuestas hacen referencia al movimiento autónomo tanto en plantas como en animales
	Nutrición	Las respuestas son acerca de comer y beber agua, tanto en plantas como en animales
	Excreción	Las respuestas son acerca de hacer caca y pipí en los animales
	Respiración	Utiliza el concepto de respiración tanto en plantas como en animales
	Necesidad de dormir	Refiere la necesidad de dormir en los animales
Organización y estructura		Menciona algunas partes de las plantas o de los animales
Crecimiento y desarrollo		Las respuestas hacen referencia al crecimiento y al desarrollo de algunas partes de la planta o del cuerpo de los animales.
Reproducción		Las respuestas hacen referencia al nacimiento de nuevos individuos y al parecido a sus padres en animales, y al desarrollo de una planta a partir de la producción de semillas
Respuesta al medio ambiente		Las respuestas hacen referencia a alguna actividad en animales

La categorización de *seres no vivos* considera la ausencia de propiedades biológicas en el razonamiento de los niños. La primera, *respuestas contradictorias*, considera la clasificación de algunos objetos como seres no vivos, pero no todos ellos, ya que en ocasiones clasificaron algunos de éstos como vivos. La segunda categoría, *respuestas no relevantes/conceptos no científicos*, considera las respuestas en las que clasificaron todos los objetos como seres no vivos, pero no utilizaron propiedades biológicas en sus descripciones, dando respuestas animistas y/o tautológicas o no respondieron. La tercera categoría, *artefacto/juguete*, incluye las respuestas en las que consideraron a los seres no vivos como artefactos o juguetes y la necesidad de otra fuente de energía para su movimiento. Estas tres primeras categorías representan un bajo nivel en la descripción de los seres no vivos. Las otras cinco categorías, *ausencia de: utilización de energía, orden, crecimiento y desarrollo*,

reproducción y respuesta al medio ambiente representan un nivel alto en la descripción de los seres no vivos. En este caso la *ausencia de utilización de energía* también tiene, a su vez, cuatro subcategorías, *ausencia de: movimiento, excreción, respiración y necesidad de dormir* (cuadro 3).

CUADRO 3

Categorización de las respuestas de los alumnos para seres no vivos

Respuestas contradictorias	Clasifica algunos objetos como seres no vivos, pero no todos ellos
Respuestas no relevantes/ conceptos no científicos	No menciona propiedades biológicas de los seres vivos para diferenciarlos de los no vivos o las respuestas fueron no relevantes
Artefacto/juguete	Reconoce los objetos no vivos como artefactos
Ausencia de utilización de energía	De movimiento Las respuestas hacen referencia a la ausencia de movimiento autónomo tanto en plantas como en animales
	De nutrición Las respuestas hacen referencia a la ausencia de comer o beber agua en plantas y animales
	De excreción Las respuestas hacen referencia a la ausencia de hacer caca y pipí en los animales
	De respiración Las respuestas hacen referencia a la ausencia de respiración tanto en plantas como en animales
Ausencia de organización y estructura	Las respuestas hacen referencia a la ausencia de algunas partes de las plantas o de órganos en los animales
Ausencia de crecimiento y desarrollo.	Las respuestas hacen referencia a la ausencia de crecimiento a la ausencia de desarrollo de algunas partes de la planta o del cuerpo de los animales
Ausencia de reproducción	Las respuestas referencia a la ausencia de nacimiento de nuevos seres en animales, y a la ausencia del desarrollo de nuevas plantas a partir de semillas
Ausencia de respuesta al medio ambiente	Las respuestas hacen referencia a la ausencia de alguna actividad de los animales

Cambio conceptual

Después de la categorización de las respuestas de los niños acerca de los seres vivos y no vivos se llevó a cabo un análisis recursivo (Erickson, 2003) para definir las categorías de cambios ontológicos y epistemológicos, así como para ubicarlos en los diferentes niveles de acuerdo con Thagard (1992) y en las categorías ontológicas según Chi, Slotta y Leeuw (1994) (cuadro 4).

CUADRO 4

Categorización de los cambios epistemológicos y ontológicos

Cambios epistemológicos según Thagard (1992)	Cambios ontológicos según Chi, Slotta y Leeuw (1994)
Revisión en las creencias; adición de nuevos conceptos en el sistema de la estructura conceptual; cambios muy débiles en forma de adición (nivel 1)	Adición de conceptos: sin cambios pero moviéndose de estados mentales a materia
Revisión en las creencias; adición de nuevos conceptos y de nuevas reglas en la estructura del sistema conceptual; cambios muy débiles en forma de adición (nivel 3)	Revisión fuerte: cambios ontológicos de estados mentales a materia
Reorganización del conocimiento; revisión débil añadiendo relaciones parciales entre los conceptos; cambios débiles (nivel 4)	Revisión débil y revisión fuerte: reorganizando materia y cambios ontológicos moviéndose de estados mentales a materia y a procesos
Reorganización del conocimiento; añadiendo nuevos conceptos y un nuevo tipo de relación entre los conceptos; cambios fuertes (niveles 5 y 6)	Revisión fuerte: cambios ontológicos de estados mentales a materia y a procesos, y de materia a procesos
Re-estructuración del conocimiento; revisión fuerte con una completa reorganización de los conceptos en la estructura del sistema conceptual; los cambios más fuertes (niveles 8 y 9)	Revisión fuerte: cambios ontológicos de estados mentales a materia y a procesos

En este análisis se definieron los cambios epistemológicos considerando si los niños añadieron ejemplos, reglas débiles o fuertes; añadieron relaciones parciales entre los conceptos, nuevos conceptos y nuevos tipos de relaciones entre ellos; se movieron de una rama de un árbol jerárquico a otro (“salto de rama”); o si hubo cambios en la organización de la jerarquía principal del árbol (“intercambio de árboles”) en el sistema conceptual siguiendo a Thagard (1992). Por su parte, los cambios ontológicos, según Chi, Slotta y Leeuw (1994), se definieron considerando la reorganización de categorías, los cambios de la categoría *estados mentales a materia* y los de *materia a procesos*.

La fiabilidad de la investigación ha sido garantizada a través de la observación persistente, la utilización de diferentes perspectivas teóricas, el juicio crítico de colegas y la recolección de material referencial a través de videos en un auténtico escenario, que fue una clase de educación preescolar, y a partir de los cuales se llevaron a cabo descripciones densas para establecer correspondencia con otros contextos posibles. Por otra parte,

los procesos de análisis y los esquemas de codificación de la información obtenida permiten la replicación del estudio.

Resultados

Diferenciación y caracterización de seres vivos y no vivos

Durante el pre-test un alto porcentaje de niños clasificaron correctamente los objetos que se les presentaron como seres vivos y no vivos, y pocos lo hicieron de forma incorrecta (cuadro 5). A pesar de lo anterior, en general mostraron una falta de comprensión respecto de las características que definen a los seres vivos y que los diferencian de los no vivos, tal y como lo mencionan otros autores (Carey, 1985; Garrido-Portela, 2007; Looft, 1974; Stavy y Wax, 1989). El *movimiento* fue el principal criterio para hacer esta diferenciación, lo que coincide con los resultados de Piaget (1929) y Zogza y Papamichael (2000), y cuando utilizaron solamente este criterio, tendieron a atribuir vida a los seres no vivos, aspecto también reportado por Zogza y Papamichael (2000).

CUADRO 5

Clasificación de seres vivos y no vivos de los niños de nuestro estudio

Objeto	Pre-test				Post-test			
	Frecuencia (%)				Frecuencia (%)			
	Seres vivos		Seres no vivos		Seres vivos		Seres no vivos	
Hámsters	22	(96)	1	(4)	23	(100)	—	—
Planta natural	17	(74)	6	(26)	23	(100)	—	—
Ratones de juguete	2	(9)	21	(87)	—	—	23	(100)
Planta artificial	4	(17)	19	(82)	1	(4)	22	(96)
Coche de juguete	8	(35)	15	(65)	—	—	23	(100)
Dibujo (nubes, río)	7	(30)	16	(70)	5	(22)	18	(78)

Durante el pre-test:

D: ¿Puedes decirme qué piensas acerca de estos ratones [juguetes], son seres vivos o no?

ON: Están vivos porque se mueven.

D: ¿Qué piensas del coche?

ON: Está vivo porque canta y camina. Está vivo porque se mueve.

Durante el pre-test:

D: ¿Qué piensas acerca de estos ratones [hámsters]?

ARI: Están vivos.

D: ¿Por qué piensas eso?

ARI: No sé... porque sus padres murieron y ellos no. Están vivos porque se mueven.

Durante el pre-test:

D: ¿Qué opinas acerca de esta planta [natural]?, ¿es un ser vivo o un ser no vivo?

CAT: No está viva porque no es como nosotros, no respira.

Estos resultados mostraron que los niños tenían conocimiento biológico previo acerca de los seres vivos, basado principalmente en el criterio de movimiento, pero no comprendían aún otras propiedades biológicas que los caracterizan, aspecto informado también por Garrido-Portela (2007). Este conocimiento biológico incompleto condujo a algunos de ellos a la incorrecta clasificación de seres vivos y no vivos. En esta situación utilizaron su conocimiento de la vida diaria al tratar de organizar su comprensión acerca de los seres vivos, pero no tuvieron los elementos suficientes para aplicar el significado del concepto “seres vivos”. Los conocimientos previos son el punto de partida para subsecuentes construcciones, por lo que es importante movilizarlos e identificarlos para que el aprendizaje sea significativo.

La comprensión acerca de los seres vivos cambió notablemente en el post-test (cuadro 5), donde no se observaron respuestas no relevantes ni el uso de conceptos no científicos. Todos clasificaron los ratones hámster y la planta natural como seres vivos, y sólo unos cuantos consideraron algunos no vivos como vivos (por ejemplo, nubes y río), basando sus razonamientos nuevamente en el criterio de *movimiento* o utilizando inferencias animistas. Después de la fase de instrucción la mayoría utilizó numerosas propiedades biológicas de forma integrada para caracterizar los seres vivos y no vivos, mientras que en el pre-test utilizaron sólo una.

En este sentido, los niños fueron capaces de reorganizar su conocimiento a partir de las observaciones y las explicaciones que elaboraron durante la fase de instrucción, ya que en la caracterización de seres vivos, aunque continuaron utilizando el criterio de *movimiento*, especialmente en animales, fue muy significativa la incorporación de otras propiedades

biológicas relacionadas con la *utilización de energía, crecimiento y desarrollo, y reproducción*, tanto en plantas como en animales.

Los resultados muestran que el *crecimiento* y las propiedades relacionadas con él, incluyendo las que lo causan –como “obtener energía de los alimentos o del agua, el cambio en tamaño, el hacerse viejo y morir”–, constituyeron la base del modelo de seres vivos que los niños construyeron. Estas propiedades fueron la base para que reconocieran las semejanzas entre plantas y animales, de tal forma que las pudieron aplicar en ambos. Este es un hecho importante, ya que una biología emergente se establece con base en la comprensión de la relación entre nutrición y crecimiento (Inagaki y Hatano, 1996).

Asimismo, la distinción de los seres no vivos mejoró notablemente después del periodo de instrucción. Se observó que en su caracterización las respuestas contradictorias y no relevantes así como el uso de conceptos no científicos también se redujeron notablemente. La dificultad de los niños para diferenciar los seres vivos y no vivos durante el pre-test se superó notablemente. En el post-test todos reconocieron al ratón y el coche de juguete como no vivos, y la mayoría a la planta artificial y a los elementos del dibujo que se les presentaron. Antes de la instrucción muchos niños utilizaron el criterio de *artefacto* para el ratón y el coche, la *ausencia de movimiento autónomo*, principalmente para el ratón de juguete, y algunos usaron el criterio *tipo de material* para la planta artificial. Después de esa fase la mayoría continuó utilizando el criterio *artefacto/juguete*, pero añadiendo la ausencia de propiedades biológicas (la *ausencia de: utilización de energía, orden, crecimiento y desarrollo, reproducción, y respuesta al medio ambiente*) en la caracterización de todos los seres no vivos,

Durante el post-test

D: ¿Qué opinas acerca de esta planta [natural]?, ¿es un ser vivo o un ser no vivo?

ADR: Es un ser vivo porque cuando lo pones en agua crece. Antes no tenía flores y ahora sí, absorbe el agua y cuando pones las semillas crecen.

D: ¿Y qué opinas de los ratones?

ADR: Están vivos porque mueven la cola, beben agua, comen, hacen caca y pipí y se mueven.

D: ¿Qué piensas acerca de esta planta [natural]?, ¿es un ser vivo o un ser no vivo?

MIRI: Es un ser vivo porque bebe agua, se reproduce, se hace grande, se mueren y nacen otra vez.

D: ¿Cómo se reproducen?

MIRI: Poniendo algunas semillas en la tierra.

D: Y, ¿qué piensas de los ratones?

MIRI: Son seres vivos porque hacen caca y pipí, comen, cierran y abren los ojos, beben, maman, se reproducen y luego se mueren.

D: ¿Qué quiere decir que se reproducen?

MIRI: Que son más, que nacen más.

Análisis del cambio conceptual en seres vivos con base en las teorías de Thagard (1992) y Chi, Slotta y Leeuw (1994)


El análisis previo nos muestra cuáles han sido las transformaciones en los niños respecto de su comprensión sobre los seres vivos; en general, los resultados muestran que han sido sustanciales al incorporar propiedades biológicas. Sin embargo, un aspecto importante para comprender el mecanismo del cambio es considerar cómo éste se lleva a cabo. Tal como se desarrolló anteriormente, una perspectiva teórica potente es el cambio conceptual.

El análisis mostró que los niños presentaron cambios tanto epistemológicos, en varios niveles, como ontológicos, en diversas formas (cuadro 6). Al integrar unos y otros se identificaron, a su vez, cinco patrones de cambio conceptual: A, B, C, D y E (cuadro 7), mismos que se discuten a continuación.

En el patrón A se encontraron cinco niños que mostraron menos evidencia de cambio, con un grado bajo de cambios ontológicos y epistemológicos en forma de adición "*añadiendo una instancia y moviéndose de estados mentales a materia*". Se observó una revisión débil en las ideas (nivel 1 según Thagard), pero sin cambios ontológicos. Esto significa que solamente añadieron nuevos conceptos biológicos, pero su estructura conceptual no se reorganizó, de tal manera que no fueron capaces de extender estos nuevos conceptos y continuaron utilizando juicios *triviales* o *animistas* en la caracterización de los seres vivos y clasificando algunos no vivos como vivos después de la instrucción. Estos niños, aunque incorporaron algunos conceptos biológicos, continuaron utilizando sus criterios iniciales, por lo que no se dio completamente el cambio ontológico de la categoría de estados mentales (juicios triviales y animistas) a la de materia (propiedades biológicas). Un ejemplo se muestra a continuación.

CUADRO 6

Cambios epistemológicos (Thagard, 1992) y ontológicos (Chi et al., 1994) en los niños de nuestro estudio

Niveles	Cambios epistemológicos	Categorías	Cambios ontológicos
1 (Adición)	Adición de nuevas propiedades biológicas. Clasificación de seres no vivos como vivos con base en criterios animistas y movimiento	EM► MAT (Adición)	Adición de nuevas propiedades biológicas. Clasificación de seres no vivos como vivos con base en criterios animistas y movimiento
3 (Adición)	Adición de nuevas propiedades biológicas. Prevalece el criterio de movimiento para seres vivos y el de artefacto para seres no vivos	EM► MAT y PROCESOS (Adición)	Adición de propiedades y procesos biológicos. Sin abandono de criterios animistas
4 (Rev. débil)	Adición de nuevas propiedades biológicas para caracterizar seres vivos y no vivos. Presencia de criterios animistas e irrelevantes	Reorg. MATERIA (Rev. débil)	Recategorización de seres no vivos con bases en propiedades biológicas
5 y 6 (Rev. débil)	Adición de nuevas propiedades y procesos biológicos	Reorg. MAT ↓ PROCESOS (Rev. débil/ Rev. fuerte)	Recategorización de seres vivos y no vivos con base en propiedades y procesos biológicos
8 (Rev. fuerte)	Recategorización de seres vivos y no vivos utilizando numerosas propiedades biológicas. Abandono de respuestas irrelevantes y animistas	EM →► MAT (Rev. fuerte)	Abandono de criterios animistas Adición de propiedades biológicas
9 (Rev. fuerte)	Abandono de respuestas irrelevantes. Recategorización de seres no vivos basada en la ausencia de propiedades y procesos biológicos	MAT →► PROC. (Rev. fuerte)	Adición de propiedades y procesos biológicos.
		EM  MAT PRO	Abandono de criterios animistas. Adición de propiedades y procesos biológicos

CUADRO 7

Grados y patrones de cambio conceptual según Thagard (1992) y Chi, Slotta y Leeuw (1994)

Cambios epistemológicos según Thagard	Cambios ontológicos según Chi et al.	Patrón y grado de cambio conceptual (Thagard/Chi et al.)	Frec. (núm. de niños)
Revisión en las creencias; adición de nuevos conceptos en el sistema de la estructura conceptual; cambios muy débiles en forma de adición (nivel 1)	Adición de conceptos: sin cambios pero moviéndose de estados mentales a materia	Adición/Adición (patrón A)	5
Revisión en las creencias; adición de nuevos conceptos y de nuevas reglas en la estructura del sistema conceptual; cambios muy débiles en forma de adición (nivel 3)	Revisión fuerte: cambios ontológicos de estados mentales a materia	Adición/Intercambio entre árboles (patrón B)	1
Reorganización del conocimiento; revisión débil añadiendo relaciones parciales entre los conceptos; cambios débiles (nivel 4)	Revisión débil y revisión fuerte: reorganizando materia y cambios ontológicos moviéndose de estados mentales a materia y a procesos	Revisión débil/Salto entre ramas (patrón C)	4
Reorganización del conocimiento; añadiendo nuevos conceptos y un nuevo tipo de relación entre los conceptos; cambios fuertes (niveles 5 y 6)	Revisión fuerte: cambios ontológicos de estados mentales a materia y a procesos, y de materia a procesos	Revisión débil/Intercambio entre árboles (patrón D)	8
Re-estructuración del conocimiento; revisión fuerte con una completa reorganización de los conceptos en la estructura del sistema conceptual.; los cambios más fuertes (niveles 8 y 9)	Revisión fuerte: cambios ontológicos de estados mentales a materia y a procesos	Revisión fuerte/Intercambio entre árboles (patrón E)	5

Durante el pre-test:

D: ¿Qué opinas acerca de estos objetos?

AND: Ésta está viva [planta natural] porque tiene agua, bebe agua. Está viva porque tiene muchas flores, si no, estaría muerta y las hojas estarían rotas. Los hámsters están vivos porque caminan y yo he tenido unos como éstos.

D: Y, ¿qué opinas acerca de estos otros?

AND: Estos ratones [juguetes] no están vivos porque si lo estuvieran, estarían en una jaula, y no caminan. No son de verdad. La planta [artificial] no está

viva porque no es de verdad. El coche es un ser vivo porque tiene ruedas y va también.

D: ¿Qué me dices de los objetos en el dibujo?

AND: No son seres vivos porque si lo estuvieran podrían hablar, tener una conversación y no pueden hablar.

Durante el post-test:

D: ¿Qué opinas acerca de estos objetos?, ¿son seres vivos?

AND: La planta [natural] está viva porque le pones agua y germina.

D: ¿Qué germina?

AND: La semilla, y se va haciendo más grande. Los hámsters son seres vivos porque hacen caca y pipí. Tienen hijos, hacen el amor y las crías crecen.

D: Y, ¿qué opinas de éstos?

AND: Estos ratones no están vivos porque si lo fueran, estarían en una jaula y entonces no comen, no hacen caca ni pipí. Les das cuerda y se les cae el pelo.

D: ¿Y esta planta [la artificial]?

AND: No es un ser vivo porque no le pones agua, no se rompe, las flores son de tela y si le pones agua no crece porque no tiene raíces para absorber. Las semillas no germinan.

D: Y estos otros objetos, ¿son seres vivos?

AND: Este coche no es un ser vivo, porque si lo fuera, la gente podría estar adentro, como en los coches grandes. Un coche de verdad es un ser vivo porque tiene gasolina, y las nubes no son seres vivos porque no están en un cielo de verdad. Las nubes en el cielo de verdad son seres vivos porque vuelan.

En el patrón B se encontró un niño que mostró un cambio epistemológico leve (nivel 3 según Thagard) en forma de adición, pero una fuerte revisión ontológica (Chi, Slotta y Leeuw, 1994), siguiendo un patrón *“añadiendo una nueva regla y cambiando de estados mentales a materia”*. El cambio epistemológico consistió en la adición de nuevas reglas a su sistema conceptual, las cuales le permitieron recategorizar correctamente tanto a los seres vivos como los no vivos, utilizando sólo algunas propiedades biológicas en los seres vivos y el criterio de *artefacto/juguete* en los no vivos. La revisión ontológica fuerte ocurrió cuando abandonó las explicaciones *animistas* (estados mentales) en la caracterización de los seres vivos y reconoció a los no vivos (coche, ratón de plástico) como *artefactos/juguetes* (materia).

Durante el pre-test:

D: ¿Qué opinas acerca de estos objetos, son seres vivos o no vivos?

JM: [La planta natural] no está viva porque no se mueve y los ratones están vivos porque caminan y escalan. Están vivos porque tienen sus ojos abiertos y están parados.

D: Y, ¿estos otros [la planta y ratones artificiales]?

JM: No están vivos [ratones artificiales] porque no se mueven y la planta [artificial] no está viva porque no se mueve.

D: Y, ¿qué opinas del coche?

JM: Está vivo porque canta y camina. Está vivo porque se mueve.

D: Y, ¿los objetos en el dibujo?

JM: No están vivos porque no se mueven.

Durante el post-test:

D: ¿Qué piensas acerca de esta planta [natural]?, ¿es un ser vivo?

JM: Sí, lo es.

D: ¿Por qué piensas que es un ser vivo?

JM: Porque tiene raíces, come.

D: ¿Y los hámsters?

JM: Sí, porque se mueven, beben agua, pelean, juegan, hacen caca y pipí.

D: Y, ¿qué opinas acerca de los otros ratones?

JM: No son seres vivos porque son juguetes y no caminan, sólo les das cuerda.

D: ¿Y esta planta [artificial]?

JM: No, porque está hecha de plástico.

D: ¿Y el coche?

JM: No, porque es un juguete... no sé.

D: ¿Qué opinas de los objetos en el dibujo?

JM: Las nubes no están vivas porque... mmm... no caminan mucho, se mueven pero... el río porque no camina.

En el patrón C se identificaron cambios que se presentaron en forma de revisión epistemológica débil (nivel 4 según Thagard), moviéndose hacia cambios ontológicos y siguiendo un patrón “añadiendo una relación parcial y reorganizando la categoría de materia o moviéndose a las categorías de materia y procesos”. En estas situaciones cuatro niños añadieron nuevas propiedades biológicas en la caracterización de los seres vivos y su ausencia en la caracterización de los no vivos como partes nuevas de su sistema conceptual,

recategorizando los seres no vivos, que inicialmente se clasificaron como vivos. Sin embargo, continuaron utilizando varios criterios *animistas* en la diferenciación, por lo que no ocurrió un completo cambio ontológico de la categoría de *estados mentales* a las categorías de *materia y procesos*, lo que indica que se encuentran inmersos en el proceso de cambio.

Durante el pre-test:

D: ¿Qué opinas acerca de estos objetos, son seres vivos o no vivos?

MIRE: La planta está viva porque debajo de ella hay tierra. Si no estuviera viva sus flores estarían hacia abajo.

D: ¿Y los ratones?

MIRE: Están vivos porque tienen vida como las personas. Si los matas, se mueren, lo he visto en la televisión, también respiran como los humanos, aire fresco o caliente y se mueven.

D: Y ¿qué opinas acerca de estos otros ratones?

MIRE: No están vivos porque los ratones de verdad no tienen ruedas y no mueven sus colas siempre.

D: ¿Qué piensas de esta planta y este coche?

MIRE: La planta no está viva porque es de plástico y el carro tampoco porque es para jugar, si tuviera vida saludaría. No está vivo porque es un juguete para niños y, si estuviera, tendría ojos como las personas para ver.

D: ¿Qué opinas de los objetos en los dibujos?

MIRE: No son seres vivos porque si lo fueran podrían hablar, tener conversación y no pueden.

Durante el post-test:

D: Esta planta, ¿es un ser vivo o no?

MIRE: Sí, es un ser vivo porque come y bebe agua. Crece y se reproduce con semillas.

D: Los ratones, ¿son seres vivos?

MIRE: Sí.

D: ¿Por qué crees que son seres vivos?

MIRE: Porque lo dice Dios, tienen hijos y tú lo dices.

D: ¿Qué opinas de los ratones?

MIRE: No son seres vivos porque no se mueven. Los ratones de verdad no necesitan cuerda.

D: ¿Qué piensas de esta planta?

MIRE: No es un ser vivo porque no tiene tierra de verdad. Las flores son las mismas cada día y no se reproduce, una planta nueva no nace de otra que ya había nacido.

D: Y ¿el coche?

MIRE: No porque es de juguete, no es real, como los coches reales son cosas.

D: ¿Qué opinas de los objetos en los dibujos?

MIRE: Las nubes no porque son blancas. El río tampoco porque tiene agua y el agua no es un ser vivo porque no puede comer.

En el patrón D se identificó que la mayoría de los niños (8) mostró una revisión epistemológica débil (niveles 5 y 6 según Thagard) y una fuerte revisión ontológica siguiendo un patrón *añadiendo relaciones parciales, nuevas relaciones y nuevos conceptos, y cambiando de estados mentales a materia y procesos y de materia a procesos*. Añadieron nuevas partes y relaciones a sus sistemas conceptuales permitiéndoles reconocer algunos de los seres no vivos como *artefactos/juguetes* e incorporaron varias propiedades biológicas que no utilizaron antes de la instrucción cuando caracterizaron a los vivos. En este sentido, fueron capaces de trasladar estos nuevos conceptos en la caracterización de los seres no vivos y basaron sus explicaciones en la ausencia de estas propiedades biológicas. Debido al uso de nuevas relaciones y reglas en su sistema conceptual, presentaron cambios ontológicos de la categoría materia a la de procesos, de tal forma que pudieron explicar las diferencias entre seres vivos y no vivos en términos de procesos biológicos, tales como el ciclo de vida.

Durante el pre-test:

D: ¿Qué opinas acerca de estos objetos, son seres vivos o no vivos?

MIRI: La planta [natural] está viva porque tiene que comer también. Está viva porque le tienes que dar agua para beber y los ratones están vivos porque se mueven y porque tienen los ojos abiertos.

D: ¿Qué opinas de éstos?

MIRI: Estos ratones no están vivos porque no se mueven y la planta no está viva porque es de plástico. Estos ratones no están vivos porque son de material y el carro tampoco porque lo tienes que encender.

D: ¿Qué piensas de los objetos en el dibujo?

MIRI: No están vivos.

D: ¿Por qué crees que no son seres vivos?

MIRI: No lo sé.

Durante el post-test:

D: ¿Qué opinas acerca de estos objetos, son seres vivos o no vivos? Esta planta, ¿es un ser vivo?

MIRI: Sí, porque bebe agua, se alimenta, se reproduce, se va haciendo grande, se muere y nace.

D: ¿Cómo se reproduce?

MIRI: Poniendo un poco de semillas.

D: ¿Y los ratones?

MIRI: Sí, son seres vivos porque hacen caca, pipí, comen, cierran y abren los ojos, beben, maman, se reproducen.

D: ¿Cómo se reproducen?

MIRI: Se mueren y luego vuelven a salir más; nace uno, va creciendo, se muere y salen más.

D: ¿Qué piensas de estos otros objetos?

MIRI: Los ratones no. Caminan porque les das cuerda, está hecho de lana y los ojos y la nariz son de pegatina. No hacen caca, pipí, no se reproducen, nunca se mueren, nunca crecen.

D: Esta planta, ¿es un ser vivo?

MIRI: No, porque no le tienes que poner semillas, no tiene tierra de verdad, no tiene raíces, no bebe agua, es de plástico y las flores están enganchadas.

D: ¿Qué opinas del coche?, ¿es un ser vivo?

MIRI: No, porque se le tiene que meter gasolina, se mueve si se meten las personas. Éste se mueve porque tiene cuerda. Los coches que llevan gasolina no son seres vivos. Los seres vivos son animales y las cosas que crecen y beben agua.

D: Y, ¿los objetos en el dibujo?

MIRI: Las nubes no porque no comen ni beben agua. El río tampoco porque no bebe, no mama, no crece, no se reproduce.

En el patrón E se identificaron a cinco niños que mostraron el cambio conceptual más fuerte, presentando tanto una fuerte revisión epistemológica (niveles 8 y 9 según Thagard) como ontológica, con un patrón *“salto de rama o intercambio de árbol y cambio de estados mentales a materia y procesos”*. En estos casos reestructuraron completamente su sistema conceptual, incorporando varios conceptos científicos nuevos, y las relaciones y reglas que establecieron entre ellos les permitieron explicar las diferencias entre los seres vivos y no vivos desde una perspectiva biológica. Esta nueva coherencia explicativa dio lugar a un cambio ontológico de la categoría de

estados mentales a las de materia y procesos. Abandonaron totalmente las respuestas contradictorias, irrelevantes y animistas en sus explicaciones acerca de los seres vivos y no vivos, utilizaron criterios relacionados con varias propiedades y algunos procesos biológicos en su caracterización y diferenciación.

Durante el pre-test:

D: ¿Qué opinas acerca de estos objetos, son seres vivos o no vivos?

ON: La planta tiene vida porque está regada y porque la regamos. Los ratones también tienen vida porque os cuidan.

D: ¿Los ratones están vivos porque los cuidan?

ON: Sí, están vivos porque están vivos.

D: ¿Qué opinas acerca de esta planta y estos ratones [artificiales]?

ON: Los ratones están vivos porque se mueven y la planta no está viva porque es de papel.

D: Y, este coche, ¿es un ser vivo?

ON: Sí, tiene vida porque es muy bonito, está libre. Está vivo porque canta y baila.

D: Y, ¿qué piensas de los objetos en el dibujo?

ON: Están vivos porque hay aire y no hay nadie que los moleste.

Durante el post-test:

D: ¿Qué opinas acerca de estos objetos, son seres vivos o no vivos?

ON: La planta sí porque necesita agua para absorberla y la tierra para estar más bien. Hace flores y muere, tiene semillas para que crezca otra planta si la plantas.

D: ¿Qué opinas de los ratones?

ON: Son seres vivos porque se mueven, beben agua, comen, hacen caca, pipí, se reproducen.

D: ¿Qué significa que se reproducen?

ON: Que nacen otra vez. Los seres vivos comen, crecen, se mueren, nacen otra vez y se mueren.

D: ¿Y estos otros?

ON: mmm... no lo sé. No, los ratones [artificiales] no porque les das cuerda, no comen, no beben, no se reproducen, no se alimentan, no comen y tienen ruedas... la planta tampoco porque es de ropa, de mentira, no absorbe agua, siempre tiene las mismas flores, no se reproduce, no muere, no tiene semillas.

D: ¿Qué opinas del coche?

ON: No, porque le das cuerda, no come, no bebe, no se reproduce.

D: Y, ¿los objetos en los dibujos?

ON: Las nubes y río no, porque no comen, no beben, no tienen ojos, ni nariz, no se reproducen, no respiran.

En este tipo de cambio, todo el principio de organización de la estructura conceptual cambió, permitiendo que el niño utilizara los nuevos conceptos científicos representados por propiedades y procesos biológicos, tales como el ciclo de vida, en la caracterización y diferenciación de los seres vivos y no vivos.

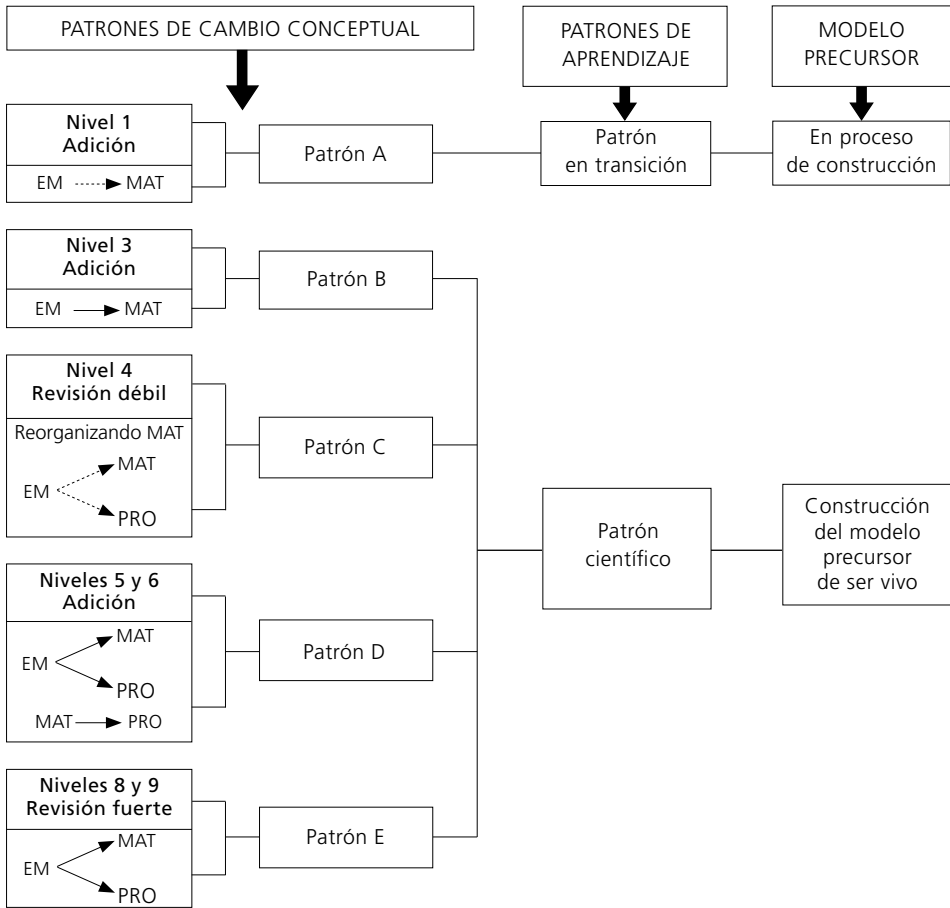
Desarrollo del modelo científico precursor de ser vivo

Los patrones de cambio conceptual descritos dieron lugar, a su vez, a dos patrones de aprendizaje: uno *de transición* y otro *científico*; con base en éstos se caracterizó la construcción del modelo científico precursor (MCP) de ser vivo (figuras 4 y 5).

El *patrón de transición* se corresponde con el patrón A de cambio conceptual, en el que los niños comenzaron a comprender la presencia de propiedades biológicas en los seres vivos y su ausencia en los no vivos al incorporar varias de estas propiedades en su caracterización. De la misma forma, en este patrón reconocieron algunos seres no vivos como artefactos. Sin embargo, continuaron dando respuestas irrelevantes y animistas o de personificación, y no fueron capaces de trasladar los criterios científicos a los seres no vivos, por lo que continuaron clasificando algunos de ellos como vivos, basando sus juicios en el criterio de *movimiento*.

Los niños caracterizaron a los seres vivos en función de sus propiedades biológicas, tales como *utilización de energía –nutrición, excreción, respiración, movimiento–, reproducción, crecimiento y desarrollo, organización y estructura*, pero no fueron capaces de utilizarlas para diferenciar totalmente a los seres no vivos. En estos casos (5 niños) presentaron un cambio débil en la revisión de sus creencias (Thagard, 1992) en forma de adición, sin cambios ontológicos (Chi, Slotta y Leeuw, 1994), ya que no se movieron totalmente de la categoría de estados mentales a la de materia. Al parecer, sólo ocurrió una reorganización dentro de la categoría de materia, en la que los niños diferenciaron los seres vivos de los artefactos y percibieron en estos últimos la ausencia de algunas propiedades biológicas, pero no en los elementos del dibujo.

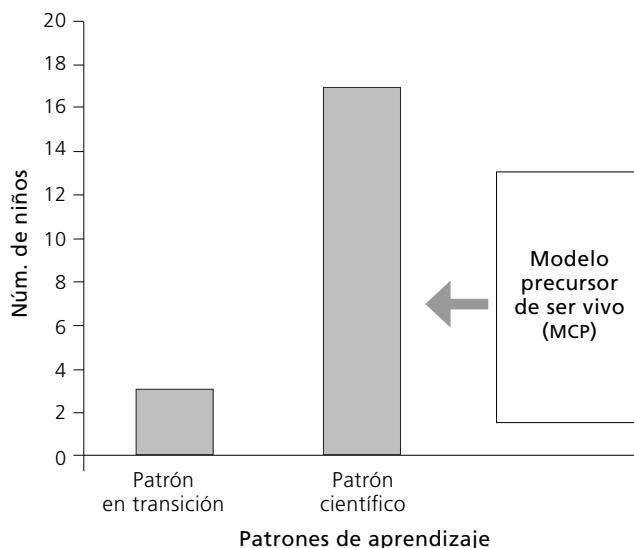
FIGURA 4
Patrones de cambio conceptual del MCP de ser vivo



La persistencia de creencias anómalas en estos niños parece estar asociada con ciertos objetos que fueron particularmente difíciles de clasificar, como las nubes y el río. Esto concuerda con los resultados de Carey (1985), Laurendeau y Pinard (1962), Smeets, (1973) y Venville (2004), que han observado que en tareas de clasificación, que incluyen tipos naturales de seres no vivos como las nubes y ríos, generalmente se obtienen más errores animistas. Con base en estos resultados se puede establecer que estos niños al final del periodo de instrucción se encontraron en una fase de construcción del MCP de ser vivo.

FIGURA 5

Patrones de aprendizaje y construcción del modelo científico precursor de ser vivo



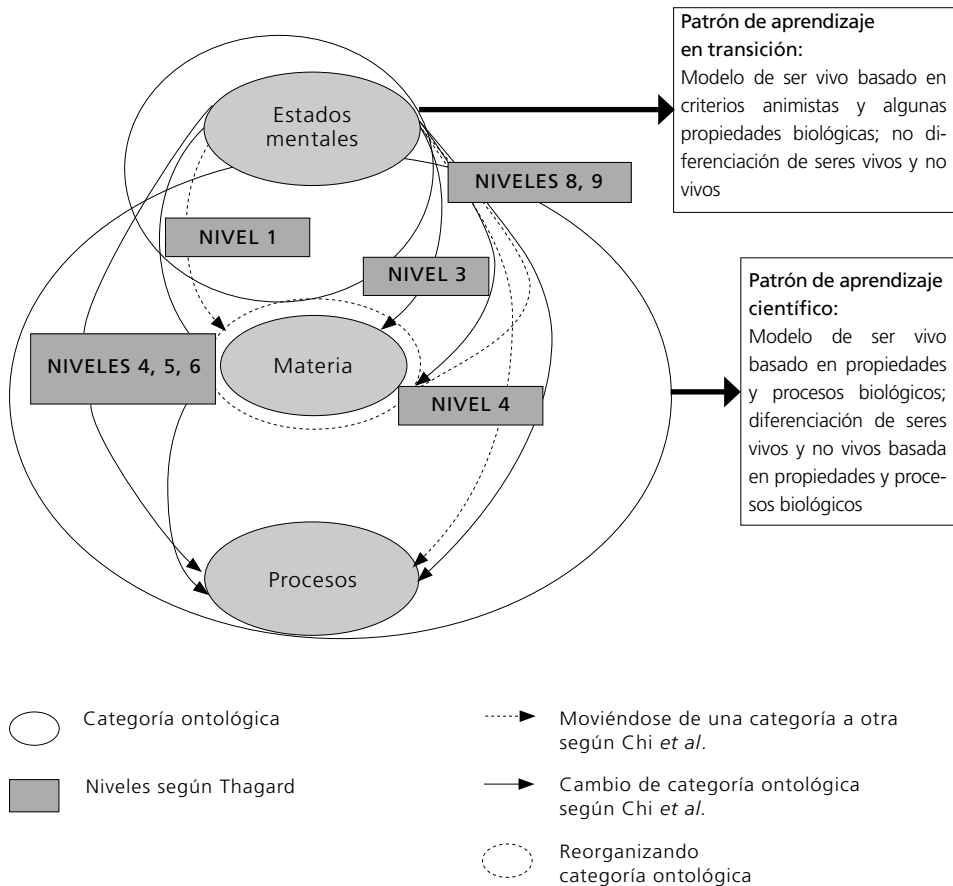
En la mayoría de los niños (17) se identificó un *patrón científico*, en el que utilizaron numerosos criterios científicos basados en propiedades y procesos biológicos (ver figura 4). En dicho patrón se observaron varios sub-patrones o grados de cambio conceptual (B, C, D y E) en función de cómo los nuevos conceptos científicos se incorporaron y reestructuraron en el sistema conceptual y se movieron de una categoría ontológica a otra.

En general estos niños, después del periodo de instrucción, diferenciaron totalmente los seres vivos de los no vivos con base en propiedades biológicas, como *utilización de energía –nutrición, excreción, respiración, movimiento–, reproducción, crecimiento y desarrollo, organización y estructura*, en los primeros, y en ausencia de éstas en los segundos. Realizaron generalizaciones al utilizar estas propiedades, tanto en plantas como en animales, además identificaron y explicaron ambos procesos biológicos, como la *reproducción* y el *ciclo de vida*.

En estos casos presentaron un cambio conceptual en forma de adición, revisión débil y revisión fuerte (Thagard, 1992) y una revisión ontológica

fuerte (Chi, Slotta y Leeuw, 1994), reorganizando la categoría de materia o cambiando de una categoría ontológica a otra –de *estados mentales a materia y procesos, o de materia a procesos*–. Por tanto, estos niños construyeron el modelo científico precursor de ser vivo al caracterizar y diferenciar a los seres vivos y no vivos con base en numerosas propiedades biológicas y en algunos procesos biológicos en los primeros, y en su ausencia en los segundos. La figura 6 muestra un esquema que resume el proceso de construcción del modelo de ser vivo a partir de los cambios ontológicos y epistemológicos.

FIGURA 6
Proceso de construcción del modelo de ser vivo



Conclusiones

El análisis del cambio conceptual, siguiendo los modelos de Thagard (1992) y Chi, Slotta y Leeuw (1994), nos permitió observar que éste se presentó como enriquecimiento y reestructuración de las ideas de los alumnos, dando lugar a diferentes patrones de cambio.

Los niños reorganizaron la categoría de *materia* y comenzaron a identificar otras entidades ontológicas relacionadas con *procesos*, tales como la *reproducción* o el *ciclo de vida*. En el caso de los cambios epistemológicos incorporaron nuevos conceptos y relaciones y reglas entre ellos, de tal manera que sus sistemas conceptuales acerca de los seres vivos se ampliaron. Este proceso dio lugar a un cambio en sus ideas al establecer nuevas relaciones entre sus conocimientos y un nuevo modelo elaborado para dar sentido a su experiencia.

Llama la atención que, al parecer, los niños que inicialmente mostraron tener un mayor conocimiento biológico científico, lo enriquecieron después del periodo de instrucción, incorporando nuevas propiedades biológicas en sus sistemas conceptuales, aunque tanto los cambios ontológicos como epistemológicos fueron débiles, en forma de adición o revisiones débiles.

Por otra parte, en los niños que inicialmente mostraron menos conocimiento biológico, los cambios fueron muy significativos. Ellos incorporaron nuevos conceptos, y relaciones entre ellos, de manera tal que su comprensión mejoró notablemente. De esta forma, abandonaron completamente las respuestas irrelevantes, tautológicas y animistas, y diferenciaron y caracterizaron a los seres vivos y no vivos de acuerdo con propiedades biológicas mostrando cambios epistemológicos y ontológicos fuertes. Este proceso implicó una total reestructuración en su comprensión acerca de los seres vivos. La base epistemológica de su información previa se vio alterada, dando lugar al reemplazo de concepciones y se produjo un cambio que modificó sustancialmente la estructura de sus conocimientos previos.

El análisis del aprendizaje, como cambios ontológicos y epistemológicos, nos ha permitido comprender cómo se llevan a cabo los procesos de construcción del conocimiento en niños pequeños, en este caso, acerca de los seres vivos. Estos resultados muestran que es posible promover el cambio conceptual en niños pequeños, es un proceso lento de enriquecimiento y revisión constante del conocimiento en el que las ideas y explicaciones evolucionan paulatinamente a partir de sus conocimientos previos, los

cuales, en este caso, parecen incidir en el nivel de cambio presentado. La indagación también muestra que, ante una intervención didáctica, no todos los niños presentan los mismos grados de cambio. Consideramos necesario realizar más investigaciones en el contexto educativo para comprender a qué se deben estas diferencias. Una hipótesis de trabajo que se plantea es la influencia del conocimiento previo, así como de los factores afectivo-motivacionales y las estrategias metacognitivas en el proceso de aprendizaje. Los modelos de Chi, Slotta y Leeuw (1994) y Thagard (1992), en conjunto, han mostrado ser una herramienta poderosa para analizar detalladamente los cambios, permitiéndonos determinar de qué manera la incorporación de nuevos conocimientos, como recategorización de conceptos y ampliación o reestructuración de los sistemas conceptuales, da lugar a nuevos aprendizajes y puede ser utilizada en otros estudios de caso.

Consideramos que la estrategia didáctica basada en el modelo precursor como guía de los aprendizajes ha sido adecuada para promover el cambio conceptual en niños pequeños. Este modelo se definió con base en los conocimientos científicos iniciales de los niños sobre las funciones biológicas de los seres vivos, situándose en el nivel de organización ser vivo-organismo, el cual es muy significativo en las primeras etapas de la educación básica (Bonil y Pujol, 2008; Cañal, 2003; Canedo-Ibarra, Castelló y García, 2007b). Esta orientación en el aula proporcionó elementos que ayudaron a los niños a ampliar y mejorar su comprensión acerca de los seres vivos al identificar y generalizar diversas funciones biológicas, tanto en plantas como en animales, coincidiendo con otros estudios (Garrido-Portela, 2007).

Nota

¹ A partir de aquí se usará “utilización de energía”, aunque es un término incorrecto desde el punto de vista científico que puede dar pie a

pensar que la energía se “gasta” o se “acaba”, esta frase es más cercana a la forma en que los niños manejan las ideas relacionadas con este concepto.

Referencias

- Adúriz-Bravo; Gómez Galindo, A.; Márquez, C. y Sanmartí, N. (2005). “La mediación analógica en la ciencia escolar: la propuesta de ‘función modelo teórico’”, *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, pp. 1-5.
- Archer, A.; Arcà, M. y Sanmartí, N. (2007). “Modeling as a teaching learning process for understanding materials: A case study in primary education”, *Science Education*, núm. 91, pp. 398-418.
- Ausubel, D. P. y Robinson, F. G. (1969). *School learning. An introduction to educational psychology*, Nueva York: Holt, Rinehart and Winston.

- Bonil, J. y Pujol, R. M. (2008). "Orientaciones didácticas para favorecer la presencia del modelo conceptual complejo de ser vivo en la formación inicial de profesorado de educación primaria", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 26, núm. 3, pp. 403-418.
- Boulter, C. J. (2000). "Language, models and modelling in the primary science classroom", en Gilbert, J. K. y Boulter, C. J. (eds.), *Developing models in science education*, Londres: Kluwer Academic Publishers, pp. 289-305.
- Campell, N. A y Reece, J. B. (2002). *Biology*, San Francisco: Benjamín Cummings.
- Canedo-Ibarra, S. P. (2005). "La construcción de significados científicos a partir del desarrollo de procedimientos científicos en la etapa de educación infantil: una experiencia con planos inclinados", *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, pp.1-6.
- Canedo-Ibarra, S. P. (2009). *Contribución al estudio de los procesos de aprendizaje de las ciencias experimentales en educación infantil. Cambio conceptual y construcción de modelos científicos precursores*, tesis doctoral, Barcelona: Universidad de Barcelona. Disponible en: <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0519109-114521/>
- Canedo-Ibarra, S. P.; Castelló Escandell, J. y García Wehrle, P. (2007a). "La construcción de significados científicos a partir del desarrollo de procedimientos científicos y actitudes científicas en niños de educación infantil", *Actas del International Congress for School Effectiveness and Improvement Breaking Boundaries: Radical Innovation*, Barcelona.
- Canedo-Ibarra, S. P.; Castelló Escandell, J. y García Wehrle, P. (2007b). "Scientific precursor models construction: A science teaching and learning approach in preschool education" *Actas de la 12th EARLI Biennial Conference for Research on Learning and Instruction. Eötvös Loránd University and Hungarian Academy of Sciences*, Budapest.
- Canedo-Ibarra, S. P.; Castelló Escandell, J. García Wehrle, P. y Morales-Blake, A. R. (2010). "Precursor models construction at preschool education: An approach to improve scientific education", *Review of Science, Mathematics and ITC Education*, vol. 4, núm. 1, pp. 41-73.
- Cañal, P. (2003). "¿Qué investigar sobre los seres vivos?", *Investigación en la Escuela*, núm. 51, pp. 27-38.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Carr, M. (1996). "Interviews about instances and interviews about events", en Treagust, D. F., Duit, R., y Fraser, B. (eds.), *Improving teaching and learning in science and mathematics*, Nueva York/Londres: Teachers College Press, pp. 44-53.
- Chi, M. T. H. (1997). "Quantifying qualitative analyses of verbal data: A practical guide", *The Journal of the Learning Sciences*, vol. 3, núm. 6, pp. 271-315.
- Chi, M. T. H.; Slotta, J. D. y Leeuw, N. (1994). "From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts", *Learning and Instruction*, núm. 4, pp. 27-43.
- Chinn, C. A. (1998). "A critique of social constructivism explanations of knowledge change", en Guzzeti, B. y Hynd, C. (eds.), *Perspectives on conceptual change: Multiple ways to understand knowing and learning in a complex world*. Mahwah, NJ: Erlbaum, pp. 77-115.

- Clement, J. (1989). "Learning via model construction and criticism", en Glover, J. A.; Ronning, R. R. y Reynolds, C. R. (eds.), *Perspectives on individual differences. Handbook of creativity*, Londres: Plenum Press, pp. 341-381.
- Clement, J. (2000). "Model based learning as a key research area for science education", *International Journal of Science Education*, vol. 22, núm. 9, pp. 1041- 1053.
- Coll, R. (2005). "The role of models and analogies in science education: implications from research", *International Journal of Science Education*, vol. 27, núm.2, pp.183-198.
- Driver, R. y Oldhman, V. (1986). "A constructivist approach to curriculum development in science", *Studies in Science Education*, núm. 13, pp. 107-112.
- Erduran, S. y Duschl, R. A. (2004). "Interdisciplinary characterizations of models and the nature of chemical knowledge in the classroom", *Studies in Science Education*, núm. 40, pp. 105-137.
- Erickson, F. (2003). "Qualitative research methods for science education", en Fraser, B. J. y Tobin, K. G. (eds.), *International handbook of science education. Part II*, Londres: Kluwer Academic Publishers, pp. 1175-1189.
- García, P. (2003). "Modelitzar fenòmens: una combinació de gèneres lingüístics", en Sanmartí, N. (coord.), *Aprendre ciències*, Barcelona: Rosa Sensat, pp. 211-234.
- García, P. (2005). "Los modelos como organizadores del currículo en biología", *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, pp. 1-5.
- Garrido-Portela, M. (2007). *La evolución de las ideas de los niños sobre los seres vivos*, tesis doctoral, Elviña: Universidade da Coruña.
- Giere, R. N. (ed.). (1992). *Cognitive models of science*, Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Gilbert, J. K. y Boulter, C. J. (1998). "Learning science through models and modelling", en B. Fraser y K. G. Tobin, (eds.), *International handbook of science education. Part one*, Londres: Kluwer Academic Publishers, pp. 53-66.
- Halldén, O. (1999). "Conceptual change and contextualization", en Schnotz, W.; Vosniadou, S. y Carretero, M., *New perspectives on conceptual change*. Oxford: Pergamon, pp. 53-65.
- Harrison, A. G. y Treagust, D. F. (2001). "Conceptual change using multiple interpretive perspectives: Two case studies in secondary school chemistry", *Instructional Science*, núm. 29, pp. 45-85.
- Havu-Nuutinen, S. (2000). *Changes in children's conceptions through social interaction in pre-school science education*, tesis doctoral, Publications in Education núm. 60, Joensuu: University of Joensuu.
- Havu-Nuutinen, S. (2005). "Examining young children's conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perspective", *International Journal of Science Education*, vol. 27, núm. 3, pp. 259-279.
- Hogan, K.; Nastasi, B. K. y Pressley, M. (2000). "Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions", *Cognition and Instruction*, vol. 17, núm. 4, 379-432.
- Inagaki, K. y Hatano, G. (1996). "Young children's recognition of commonalities between animals and plants", *Child Development*, núm. 67, pp. 2823- 2840.

- Izquierdo, M. (2005). "Hacia una teoría de los contenidos escolares", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 23, núm. 1, pp. 111-122.
- 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 de noviembre, Denver, Colorado.
- Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). "Epistemological foundations of school science", *Science & Education*, vol. 12, núm. 1, pp. 27-43.
- Izquierdo, M.; Espinet, M.; García, M. P.; Pujol, R. M. y Sanmartí, N. (1999). "Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar", *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, pp. 79-91.
- Johnston, J. (1996). *Early Explanations in Science*, Filadelfia: Open University Press.
- Laurendeau, M. y Pinard, A. (1962). *Causal thinking in the child: A genetic and experimental approach*, Nueva York: International Universities Press.
- Lemeignan, G. y Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique. L'enseignement de la mécanique*, París: Hachette.
- Looft, W. R. (1974). "Animistic thought in children: Understanding of 'living' across its associated attributes", *Journal of Genetic Psychology*, núm. 124, pp. 235-240.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*, San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Piaget, J. (1929). *The child's conception of the world*, Londres: Routledge and Kegan Paul Ltd.
- Pintrich, P. R.; Marx, R. W. y Boyle, R. A. (1993). "Beyond cold conceptual change: The role of motivation beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change", *Review of Educational Research*, núm. 63, pp. 167-199.
- Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, G. W. y Gertoz, W. A. (1982). "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change", *Science Education*, núm. 66, pp. 211-227.
- Pozo, J. I. y Gómez-Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*, Madrid: Morata.
- Pujol, R. M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*, Madrid: Síntesis Educación.
- Rafal, T. C. (1996). "From co-construction to takeovers: Science talk in a group of four girls", *The Journal of the Learning Sciences*, vol. 5, núm. 3, pp. 279-293.
- Ravanis, K. (2000). "La construction de la connaissance physique à l'âge préscolaire: recherches sur les interventions et les interactions didactiques", *Aster*, núm. 31, pp. 71-94.
- Sanmartí, N. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria*, Madrid: Síntesis.
- Sanmartí, N. (2005). "Aprender ciències: connectar l'experiència, el pensament i la parla a través de models", en *Curs per a l'actualització de l'ensenyament/aprenentatge de les ciències naturals. Curs 2004-2005*, Barcelona: Generalitat de Catalunya-Departament de Educació. Serveis de Publicacions, pp. 48-69.
- Smeets, P. M. (1973). "The animism controversy revisited: A probability analysis", *Journal of Genetic Psychology*, núm. 123, pp. 219-225.
- Stavy, R. y Wax, N. (1989). "Children's conceptions of plants as living things", *Human Development*, núm. 32, pp. 88-94.

- Thagard, P. (1992). *“Conceptual revolutions”*, Princeton: Princeton University Press.
- Tyson, L., Venville, G. J., Harrison, A. G. y Treagust, D. (1997). “A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom”, *Science Education*, vol. 81 núm 4, pp. 387-404.
- Venville, G. (2004). “Young children learning about living things: A case study of conceptual change from ontological and social perspectives”, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 41 núm. 5, pp. 449-480.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and language*, Kouzulin, A. (ed.), Cambridge: MIT Press.
- Weil-Barrais, A. (1997). “De la recherche sur la modélisation à la formation des professeurs de physique: comment s’opère la transition?”, *Skkolé*, núm. 7, pp. 141-155.
- Weil-Barrais, A. (2001). “Los constructivismos y la didáctica de las ciencias”, *Perspectivas*, vol. xxxi, núm.2, pp. 197-207.
- Zogza, V. y Papamichael, Y. (2000). “The development of the concept of alive by preschoolers through a cognitive conflict teaching intervention”, *European Journal of Psychology of Education*, vol. 15, núm. 2, pp.191-205.

Artículo recibido: 31 de mayo de 2011

Dictaminado: 9 de agosto de 2011

Segunda versión: 12 de septiembre de 2011

Aceptado: 20 de octubre de 2011