

La construcción de la comprensión en  
ciencias naturales de Primaria:  
una exploración del proceso y sus resultados  
en los contenidos de la luz y la tierra  
en el espacio

**Allen Thurston, G. Grant, K.J. Topping**

---

Facultad de la Educación y de Trabajo Social,  
Universidad de Dundee, Escocia

---

**Reino Unido**

[a.thurston@dundee.ac.uk](mailto:a.thurston@dundee.ac.uk)

## Resumen

**Introducción.** Este trabajo explora el proceso y los resultados de métodos constructivistas para mejorar la comprensión de ciencias en los contenidos de la luz y la tierra en el espacio.

**Metodo.** La muestra está constituida por un grupo de 35 niños de nueve años, aplicando estos métodos en cuatro sesiones de dos horas semanales. Cada sesión incluía distintas combinaciones de discusión interactiva y de actividad investigadora práctica. Valoraciones basadas en criterios, pre- y post-intervención, indican avances muy grandes en la comprensión de los participantes. Se promovieron estos avances construyendo sobre comprensión previa de los participantes, usando preguntas sintonizadas y andamiaje por parte de un adulto, y emprendiendo investigaciones científicas prácticas estructuradas.

**Resultados.** El trabajo demuestra que se puede lograr avances en fines complejos de aprendizaje utilizando una combinación de andamiaje y de construcción junto con actividades prácticas.

**Discusión.** Se discuten las implicaciones para la práctica en el aula.

**Palabras clave:** constructivismo social, educación en ciencias, habla, luz, tierra y espacio, ciencia práctica.

## Introducción

Se ha demostrado en los últimos años que, generalmente, las ciencias naturales se enseñan mal en la escuela primaria. Harlen (2001) informó sobre los resultados de un estudio de dos años en cuanto a la comprensión de los maestros de primaria de los conceptos científicos y tecnológicos. Demostró que había poca confianza a la hora de enseñar ciencias naturales. Algunos maestros no tenían ninguna experiencia referente a las ciencias naturales. Otros tenían actitudes negativas hacia las ciencias naturales, basadas en su propia educación científica. Se informa que los conocimientos débiles de los maestros, y la baja confianza a la hora de enseñar ciencias generan unos docentes que se centran en las habilidades procesuales y que evitan el desarrollo de conceptos (Harlen y Holroyd, 1995).

Piaget (1985) propuso que la comprensión de ciencias se desarrolla en los niños a través de los procesos de asimilación y de acomodación, asociados a la construcción de esquemas internos para comprender el mundo. A esto se puede calificar de constructivismo cognitivo. Vygotsky (1978) hace mayor énfasis en el papel de la interacción social, el lenguaje y el discurso en el desarrollo de la comprensión, sobre todo la interacción cuando se trata de aprendices más avanzados, pero a un nivel apropiado de dificultad. A esto se puede calificar de constructivismo social.

Trumper (2001) dibuja cuatro aspectos clave que son componentes fundamentales de un enfoque constructivista social en la enseñanza de las ciencias:

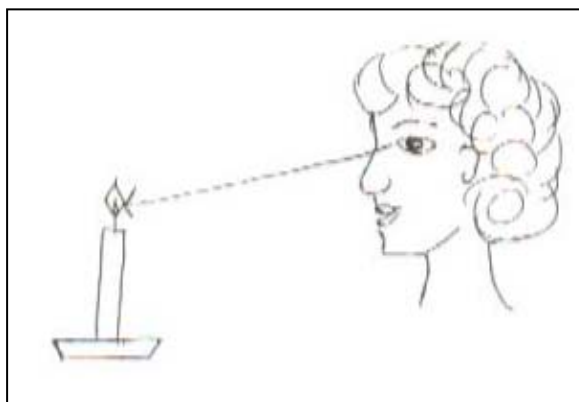
1. tener conocimientos de la comprensión existente en el aprendiz en áreas conceptuales objetivos, y hacer de éstas el centro de la enseñanza,
2. los estudiantes deben ser conscientes de sus propias perspectivas y dudas,
3. a los estudiantes se les debe enfrentar con las perspectivas científicas aceptadas en la actualidad,
4. se les debe proporcionar a los estudiantes experiencias que les ayuden a cambiar sus perspectivas y sus ideas y que acepten la perspectiva científica de un concepto.

Se ha informado que el conocimiento de la comprensión pre-existente en las áreas conceptuales es imprescindible para facilitar el aprendizaje y la enseñanza eficaces y para promover el desarrollo cognitivo en los niños (Millar, 1998). Harlen (2000) informó que el papel del

maestro debe ser el de facilitar el aprendizaje de las ciencias, conduciendo a los alumnos por los procesos del pensamiento científico, y animándoles a que cuestionen, que formen hipótesis y que pongan sus ideas a prueba. Se informa que en este contexto el maestro desempeña un papel importante al ayudar a los niños a que hagan explícitas sus concepciones (y errores) pre-existentes. Al hacerlo, el aprendiz puede centrarse en áreas clave para la exploración y la reflexión.

El desarrollo conceptual de los niños se puede explorar a través del lenguaje, pero también por la interpretación gráfica. Por ejemplo, el Proyecto SPACE (Desarrollo de Conceptos y Procesos Científicos) estudió las ideas de los niños sobre cómo vemos las cosas, en el contexto de un estudio más amplio de las percepciones de los niños sobre la naturaleza y las propiedades de la luz (Osborne, Black, Smith y Meadows, 1990). A los niños se les pidió que dibujaran cómo creen que ven una vela encendida. La figura 1 ilustra y explica una concepción falsa. En esta figura el niño indica equivocadamente que la luz sale del ojo e ilumina la vela, permitiendo que ésta se vea.

**Figura 1: Dibujo del niño donde la vista es un proceso activo, la luz viaja desde el ojo al objeto y lo ilumina (Osborne, Black, Smith y Meadows, 1990)**



Escuchar a los niños y entablar conversación con ellos también puede ayudarnos a comprender sus ideas. Con frecuencia los niños no tienen una visión clara de lo que ya saben, y sus ideas no están bien organizadas. A un niño de seis años se le oyó decir, “*No sé lo que pienso hasta que me oiga a mí mismo decirlo*” (Ollerenshaw y Ritchie, 1998). El habla se puede usar como herramienta tanto de pensar como de comunicación. Los niños son más

propensos a discutir resueltamente las ideas y los conceptos cuando están planificando una investigación que los ponga a prueba. La naturaleza de las actividades, y las interacciones maestro/alumno y alumno/alumno, todos tienden a influir en el desarrollo de las habilidades procesuales y en las actitudes. Entre las explicaciones que ofrecen niños de ocho y nueve años, respondiendo a la pregunta de qué pasa con el sol por la noche, se informan las siguientes (Osborne, Wadsworth, Black y Meadows, 1990):

*'La Tierra gira y bloquea el camino del Sol, así que es de noche.'* Nazia, 8 años

*'El Sol baja y la luna sube.'* Romana, 9 años

*'(El Sol) se convierte en una luna.'* Aaron, 9 años

Se ha informado que la mayoría de los alumnos norteamericanos de 7 y 8 años no son capaces de demostrar una comprensión de la rotación de la Tierra como causa del día y de la noche (Klein, 1982). Trumper informa que casi el 50% de los alumnos israelíes de trece años, y el 65% de alumnos de dieciséis años pueden dar una explicación científicamente correcta del día y de la noche. Baxter (1989) informó que la mayoría de los alumnos norteamericanos de 9 años creían que las fases de la luna son producidas por nubes que tapan o por la sombra de la Tierra. Bisard, Aron, Francek y Nelson (1994) informan que a los 12 años, el 35% de los alumnos norteamericanos pueden dar una explicación científicamente apropiada de las fases de la luna. Suzuki (2003) informó que ideas equivocadas similares estaban presentes en una muestra pequeña de maestros en prácticas de Japón. Por lo tanto hay necesidad de elaborar metodologías eficaces de aprendizaje y de enseñanza que enseñen sobre las relaciones entre el sol, la luna y la Tierra. Una posible causa de la prevalencia de equivocaciones es que los aprendices de estos estudios no eran capaces de hacer las conexiones necesarias entre los conceptos sobre las propiedades de la luz y de las sombras con los conceptos más abstractos de cómo estas propiedades se manifiestan en cuanto al día y la noche y las fases de la luna. Se ha informado que las construcciones erróneas o limitadas pueden distorsionar o impedir las nuevas construcciones (Novak, 2002).

Para contrarrestar los efectos de constructos erróneos o limitados, se ha afirmado que son necesarios cuatro procesos cognitivos (Ausubel, 2000):

1. una diferenciación progresiva de los conceptos existentes, p.ej. en este proyecto los niños usaron el ejercicio de mapas mentales, dibujar/hablar y la instrumentación escrita para explorar sus conceptos sobre las propiedades de la luz, y cómo las experimentan en sus vidas.
2. la subsunción: los nuevos conceptos se relacionan con conceptos existentes, y por lo tanto el aprendizaje tiene un andamiaje para los aprendices, p.ej. en este proyecto las actividades iniciales se centraron en las propiedades básicas de la luz.
3. aprendizaje supraordinado: el aprendizaje debe contribuir de forma significativa al desarrollo cognitivo en cuanto a poder ver los enlaces con las ideas globales de la ciencia, p.ej. en este estudio las fases de la luna y el funcionamiento del periscopio se relacionaron con las propiedades globales de la luz.
4. la reconciliación integradora puede ser necesaria y permitir que los aprendices formen enlaces entre conceptos; p.ej. en este estudio, entre la manera de la que cambia una sombra según la posición del objeto que produce la sombra, y la manera de la que la sombra de la luna da lugar a las fases que observamos desde nuestra posición en la Tierra.

Según Harlen (2000), la naturaleza de las interacciones que promueven estos procesos cognitivos en los niños incluían el animar a los niños a que:

- observar, cuestionar y formar hipótesis
- hablar sobre sus ideas y escuchar las ideas de los demás
- probar las ideas discutidas
- sacar conclusiones basadas en la evidencia
- comparar las nuevas ideas con las existentes
- considerar cómo se podría mejorar las investigaciones

Ollerenshaw y Ritchie (1998) tratan las maneras de las que los maestros pueden apoyar a los niños durante la observación científica:

- Primeros pensamientos: denominar, etiquetar.
- Segundos pensamientos: comparar el uso y las propiedades.
- Una mirada más de cerca: diferencias más pequeñas entre las cosas similares.

- Ver más: agrupar de otra forma, pensar de otra forma.
- Profundizar: centrarse en el proceso de observar, de informar, y de comparar los objetos.

La calidad en la manera de hacer preguntas también puede ser importante. Black y Harrison (2000) tratan la importancia de la manera de hacerles las preguntas a los niños. Las preguntas deben fomentar el pensamiento más que exigir una respuesta rápida que favorece la conjetura. Black y William (1998) revisaron la investigación de más de 250 estudios, y concluyeron que una manera eficaz de hacer las preguntas supone:

- Permitir que los niños traten la pregunta por parejas y luego pedirles una respuesta.
- Proporcionarle a los niños varias posibles opciones para que las consideren, y luego pedirles una respuesta con su justificación.
- Preguntar, con preguntas abiertas, formuladas para invitar a los alumnos a que exploren sus ideas y su razonamiento.
- Pedirle a los niños que transmitan su pensamiento a través de dibujos, artilugios, acciones, representación de papeles, mapas de conceptos, así como la redacción.

*Inter alia*, las preguntas deben pretender sonsacarle al niño su hipótesis sobre lo que está pasando. Sin embargo, puede que el niño proponga más que una hipótesis. Las predicciones son hipótesis sobre acontecimientos futuros. Es importante distinguir entre una predicción y una conjetura, y así dirigirle al niño investigador en cómo pensar y buscar una respuesta (Hollins y Whitby, 2001). Los niños pequeños pueden considerar que sus predicciones son conjeturas, pero hay que ayudarles a ver que sus predicciones se derivan de la evidencia y la teoría. Se informa que esto le proporciona al niño una pregunta digna de contestar, y promueve un mayor logro en la ciencia (Gilbert y Qualter, 1996; Watts, Barber y Alsop, 1997).

Los niños también pueden participar en investigaciones prácticas activas. Goldsworthy (1998) habla de seis principales clases de investigación de las que deben estar conscientes los niños, para poder decidirse sobre el método más apropiado a la hora de hacer planes.

- Prueba justa – se cambia una variable en las pruebas, todas las demás tienen que ser constantes

- Clasificación e identificación, agrupación de objetos o de acontecimientos según criterios (p.ej. clasificar objetos por: vivos, una vez vivos y ahora muertos, objetos inanimados)
- Inspección para buscar patrones (p.ej. las diferencias entre plantas de la sombra y las del sol)
- La exploración de observaciones hechas durante un período de tiempo (p.ej. el desarrollo de huevos de rana)
- Investigación de modelos (p.ej. modelos informatizados que permiten the exploración de la orilla del mar, de la selva, etc. Algunos permiten que se cambien las variables y que se prueben distintas ideas.)
- Construir cosas/ Elaborar sistemas (p.ej. construir un puente a base de periódicos que resista el peso de un ser humano).

Goldsworthy (1998) encontró que la prueba justa era la investigación más usada en las escuelas primarias. Es improbable que ésta sea apropiada para todas las investigaciones, y es importante que los niños sean conscientes de otros métodos.

Los niños poco experimentados en interpretación de datos pueden llegar a conclusiones precipitadas basándose en un solo resultado, pasando por alto otra información contradictoria. Cuando los niños avancen, deben tomar en cuenta más datos antes de llegar a conclusiones. Al observar, los niños deben hacerse más expertos en buscar patrones, tendencias y enlaces entre variables, a la vez que desarrollan un sentido más perspicaz de los datos clave, más pertinentes a la investigación.

También es probable que se desarrolle un vocabulario científico a través de la investigación científica. El niño tiende a aprender nuevas palabras y sus significados a la hora de experimentar nuevos conceptos y nuevas exigencias semánticas (p.ej. la evaporación, la reflexión, las fuerzas). A veces los niños aprenden y utilizan estas palabras inicialmente sin comprender del todo su significado, así que es importante que el maestro averigüe lo que entiende el niño al usar una palabra concreta.

De todo esto queda evidente que la valoración del progreso de aprendizaje científico no es sencillo, desde luego va más allá de lo que alcanza un examen rudimentario de conocimientos. Según Bell y Cowie (2001), los procedimientos de valoración deben integrarse en la



enseñanza y el aprendizaje, y su función es formativa más que de recapitulación. La valoración debe proporcionar información sobre el progreso de los niños, identificar la siguiente etapa de aprendizaje, así informando a la planificación y más específicamente, identificar problemas y necesidades de aprendizaje del individuo. *Learning & Teaching Scotland* (2004) informan que cuando se les implica a los niños en su propia valoración, se ven mejoras notables en su aprendizaje. Se debe complementar la valoración pre-post de conocimientos y entendimiento de contenidos con una valoración continua de las habilidades procesuales y las actitudes que han adquirido los niños. Harlen (2000) sugiere que es difícil observar a los niños a la hora de formar hipótesis, formular predicciones y usar otras habilidades procesuales, a menos que se haga en el contexto del tema que se estudia, ya que surgen distintas predicciones y preguntas según el tema.

La evidencia que se identifica en la literatura referente al aprendizaje infantil de conceptos científicos nos llevó a formular preguntas específicas de investigación. Se elaboraron estas preguntas con el objetivo de explorar el papel y la contribución del andamiaje, la construcción y la actividad práctica en el aprendizaje infantil de las ciencias naturales. Este trabajo trató el tema de la luz – la naturaleza de la luz y la luz en el sistema solar. Se identificó este tema como apropiado para proporcionar un contexto que permitiera la investigación de estas cuestiones.

### **Preguntas de investigación**

Este trabajo se centró en las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo pueden usar sus conocimientos y experiencias previos los niños, para que les ayuden a entender nuevas experiencias científicas?
2. ¿Puede el desarrollo del conocimiento y la comprensión de conceptos científicos sencillos, a través de actividades prácticas, promover avances en la comprensión de los niños sobre conceptos científicos más complejos y abstractos?
3. ¿Cómo aplican su comprensión sobre conceptos sencillos los niños, para comprender conceptos más complejos de cómo la luz influye en nuestra manera de experimentar el sistema solar desde la tierra?

## **Método**

### *Participantes*

Este trabajo recogió datos de 38 alumnos de nueve años. Los alumnos (22 niñas y 16 niños) estaban en dos distintos grupos clase del quinto curso de Educación Primaria, en dos escuelas distintas de la parte oriental de Escocia. Los dos grupos clase los formaron 19 alumnos. 4 alumnos del primer grupo recibían comidas gratuitas en la escuela y 5 alumnos del otro grupo las recibían [N.T. ayuda estatal para niños que proceden de familias de bajos recursos económicos.] Las escuelas y los alumnos fueron seleccionados para la muestra por estar dispuestos a participar en el estudio. Tres alumnos faltaron de la recogida de datos o pre-test o post-test, reduciendo la muestra a un total de 35 alumnos. Los datos de estos tres alumnos se eliminaron de los datos presentados en este trabajo.

### *Procedimiento*

Una serie de actividades, experimentos y discusiones se completaron a lo largo de cuatro semanas, durante una sesión semanal de dos horas dentro del contenido de la luz, la tierra y el espacio. Las lecciones pretendían presentar experiencias de aprendizaje cuidadosamente estructurados. En concreto, la estructura aseguró que los niños tuvieran conocimientos científicos apropiados sobre las propiedades y la naturaleza de la luz, sobre los que podían construir, y el maestro podía ofrecer andamiaje para los conceptos más abstractos y complejos referentes a la tierra en el espacio. Por lo tanto, el diseño de la intervención que se adoptó para este trabajo pretendía contemplar cómo se podía incorporar los principios del constructivismo en un programa de trabajo científico para asegurar que las experiencias de aprendizaje construyeran cuidadosamente sobre el aprendizaje previo y los conceptos ya sostenidos por los niños. Además, la metodología didáctica adoptada pretendía investigar el papel del maestro en presentar oportunidades de aprendizaje que sirvieran como andamiaje a conceptos pre-existentes, a fin de promover cambio de conceptos mediante técnicas del constructivismo social. En estos aspectos, la investigación construía sobre trabajo previo referente a los conceptos científicos de los niños, pero, de manera importante, establecía conexiones entre dos conceptos científicos que en trabajos previos se examinaron por separado y aislados.

### *Instrumentos*

La evidencia se recogió a través de la observación directa del investigador, las discusiones, y los trabajos escritos de los niños. El investigador hizo un seguimiento del progreso de cada niño respecto a los fines de aprendizaje previamente especificados. Los datos recogidos eran tanto cualitativos como cuantitativos, relacionados con el proceso y con los resultados. Los datos cualitativos consistían en grabaciones de vídeo, y las transcripciones resultantes de las conversaciones, a lo largo de la investigación. Los datos cuantitativos mostraron el número de fines de aprendizaje logrados, y cómo se lograron. Estos métodos de recogida de datos se utilizaron previamente en el proyecto SPACE (Osborne, Black, Smith y Meadows, 1990) (uso de mapas conceptuales) y Trumper (2001) (la prueba de logro en las ciencias). El estudio conllevaba la observación participativa, en la que un investigador fue el único responsable de tanto la enseñanza como la valoración de los conceptos. El investigador que se hizo cargo de la investigación era maestro de educación primaria, que sólo daba las clases del estudio para los propósitos de esta intervención.

Se concretaron fines de aprendizaje referentes a la naturaleza de la luz y al sistema solar, los cuales implicaron una comprensión de las siguientes afirmaciones:

- Fin 1 La luz se produce a partir de varias fuentes.
- Fin 2 La luz viaja desde estas fuentes hacia fuera.
- Fin 3 La vista ocurre porque la luz desde el objeto entra el ojo.
- Fin 4 La luz se puede reflejar.
- Fin 5 La luz viaja en línea recta.
- Fin 6 Las sombras ocurren porque los objetos bloquean la luz.
- Fin 7 La longitud de una sombra depende de la posición de la fuente de luz, así que la posición del sol en el cielo determina la longitud de la sombra.
- Fin 8 La luz de la luna es luz reflejada del sol.
- Fin 9 Las fases de la luna resultan de la posición relativa del sol, de la luna y de la tierra.
- Fin 10 La luz y la oscuridad las produce el giro de la tierra.
- Fin 11 La luz viaja en línea recta y se puede reflejar (p.ej. en una aplicación práctica con periscopio).

Este trabajo identificó los fines 1, 2, 3, 4, 5 y 6 como conceptos sencillos, y los fines 7, 8, 9, 10 y 11 como fines complejos sobre las propiedades de la luz. Se hizo esta distinción

entre sencillo/complejo, pues los conceptos sencillos se pueden demostrar fácilmente dentro del aula, mientras los conceptos complejos requieren el uso de un modelo o de una analogía para representar lo que ocurre. Por lo tanto, los fines complejos requerían que los niños pudieran aplicar a áreas más abstractas de estudio el conocimiento y la comprensión que habían ganado a través de experiencias concretas.

Estos fines corresponden a los siguientes objetivos de logro del currículo nacional escocés para las edades de 5-14 (Scottish Executive Education Department, 2000):

La energía y las fuerzas:

- nombrar ejemplos de la luz (nivel de logro A)
- identificar el sol como la principal fuente de luz (nivel de logro B)
- asociar la luz con la vista (nivel de logro B)
- asociar la luz con la creación de sombras (nivel de logro C)
- nombrar ejemplos de luz reflejada (nivel de logro C)

La tierra y el espacio:

- asociar el patrón de día y noche con la posición del sol (nivel de logro A)
- describir cómo el día y la noche se relacionan con el giro de la tierra (nivel de logro B)
- describir el sistema solar en términos de la Tierra, el sol y las planetas (nivel de logro C)

Juntamente con éstos, el alumno debe desarrollar las habilidades procesuales de investigaciones científicas que le permiten predecir, formar hipótesis y probar sus ideas.

Las habilidades de edades 5-14 que se tratan en los niveles de logro B y C son:

- prepararse para las tareas
- llevar a cabo las tareas
- revisar e informar sobre las tareas.

Para explorar los conocimientos previos de los niños, cada niño preparó un mapa conceptual e hizo una prueba previa sobre el tema. El mapa conceptual se trataba de un banco de palabras relativas al tema por enseñar, y los conceptos implicados, y los niños individualmente buscaron todas las formas posibles de enlazar cada palabra. Esto proporcionó evidencia

sobre los conceptos que ya sostenía, y permitió la aclaración de cualquier concepto erróneo. La técnica de trazar mapas conceptuales fue una versión adaptada de las elaboradas por Novak (2002). La prueba previa fue una prueba de 12 ítems, adaptada de los elaborados por Trumper (2001). Los resultados a partir de la prueba posterior se contrastaron con las observaciones y los resultados de las discusiones y los mapas conceptuales. Esto permitió que se valorara la prueba en cuanto a su fiabilidad y validez. Se observaron buenas correlaciones entre la prueba y los otros datos que se observaron en la muestra. Se utilizó el mismo instrumento para medir avances como prueba posterior. También se evidenciaron progresos subsiguientes en el desarrollo de conceptos a través de los escritos o dibujos del individuo, así como sus afirmaciones verbales. Se seleccionó una pequeña sub-muestra a partir de la muestra del estudio. De éstos se hicieron grabaciones de vídeo detalladas mientras emprendían las actividades científicas. Las grabaciones y las transcripciones permitieron rastrear el pensamiento de cada niño, y demostraron cómo se usaron o se adaptaron los conocimientos previos durante el desarrollo de conceptos, así como la manera de la que el investigador preparaba “andamiaje” (apoyando, cuestionando, desafiando y extendiendo) para el aprendizaje de los niños. El investigador tomó apuntes mientras se emprendían las actividades, indicando las técnicas que se usaban para promover el desarrollo cognitivo (la construcción y/o el andamiaje y/o la actividad práctica).

**Tabla 1: Los instrumentos de recogida de datos y cómo la información obtenida contribuía a los resultados**

Instrumento de valoración	Notas sobre la implementación	Contribución a los resultados
Prueba de 12 ítems	Se administró la prueba como pre-test y post-test.	El análisis estadístico de los resultados de las pruebas pre-test y post-test se utilizó para conseguir una medida del aprendizaje.
Logro de fines de aprendizaje previamente definidos	Apuntes del trabajo y los productos de los niños se contrastaron con la evidencia de los resultados pre-test y post-test.	Se utilizaron preguntas específicas relacionadas con los fines para contribuir a la valoración de si se había logrado los fines de aprendizaje (los datos se contrastaron con las demás observaciones).
Mapas conceptuales	Estos fueron imprescindibles para asegurar que el programa planificado del trabajo se dirigía al nivel apropiado para permitir la construcción y el andamiaje durante la intervención.	Los datos de los mapas conceptuales se utilizaron para estructurar cuidadosamente el programa de trabajo planificado y para reflexionar sobre la naturaleza de las interacciones necesarias entre los aprendices y los maestros durante las experiencias de aprendizaje subsiguientes.

Análisis de transcripciones de los vídeos	Un micrófono trípode y unidireccional se utilizó para permitir la captura de los datos mientras el investigador proporcionaba andamiaje para las interacciones de aprendizaje con los niños.	Data is presented as transcripts to explore the nature of interactions between the learners and the teacher-researcher and how these interactions may have promoted learning.
---	--	---

### Resultados: Fines del Aprendizaje

Los datos presentados en la Tabla 2 muestran los resultados pre-test y post-test. Se puntuaron las pruebas en una escala de 20. Los datos señalaron avances significativos en el aprendizaje, evidenciados mediante el instrumento, por un ANOVA simple ( $P < 0.001$ ,  $df = 1,58$ ,  $F = 3.98$ ).

**Tabla 2: Resultados pre-test y post-test de los alumnos**

	Puntuación
Media de resultado pre-test	4,8 (dt 3.00)
Media de resultado post-test	16,17 (dt 6.42)
Cambio	+11,37
Resultados del ANOVA simple de los resultados pre-test y post-test	$P < 0.001$ , $df 1, 68$ , $F = 3.98$

Las tablas siguientes (Tablas 3 y 4) resumen hasta qué punto se lograron los fines por separado, y cómo se lograron los mismos. Los datos de estas tablas se recogieron de fuentes más diversas que los resultados pre-test y post-test. Se contrastaron los productos de los alumnos, dibujos y mapas conceptuales, con los apuntes de trabajo del investigador para tomar decisiones de si se había logrado el fin de aprendizaje. Se evidenció un avance muy grande en la comprensión, distribuido más o menos regularmente entre todos los participantes. Dada la brevedad de la intervención, se puede suponer que este progreso fue bastante mayor de lo que se podría esperar a partir de la instrucción científica tradicional. No obstante, aunque fuera breve la intervención (un total de 8 horas), sí fue intensiva y suponía mucha atención por parte de un adulto capacitado y motivado.

Los procesos que desembocaron en el logro de los fines de aprendizaje se definieron por tres procesos:

1) La actividad: donde los alumnos trabajan independientemente para cumplir una tarea científica práctica que facilitaba el aprendizaje.

2) La construcción: donde el trabajo se construyó directamente sobre conocimientos previos y los alumnos pudieron construir sobre estas experiencias previas para lograr el aprendizaje

3) El andamiaje: donde el trabajo se construía directamente sobre conocimientos previos y a los alumnos se les ayudaban a construir sobre estas experiencias previas para lograr el aprendizaje a través de discurso con el investigador-maestro.

Parece que se lograron los fines de aprendizaje a través de una sola estrategia de aprendizaje para los fines 1 y 8, o la construcción o el andamiaje. Para otros fines se emplearon dos o más estrategias. Las estrategias más frecuentes fueron la combinación de andamiaje y de actividad (fines 2, 3, 7, 8 y 9) y la combinación de la construcción más el andamiaje y la actividad (fines 5, 6, 10 y 11). La estrategia menos frecuente fue la construcción sola (fin 1) y la construcción con la actividad (fin 4). Unos pocos objetivos de aprendizaje no se lograron para algunos niños, sin importar las estrategias utilizadas.

**Tabla 3 Valoración pre-test de fines de aprendizaje**

Fin de Aprendizaje	Número de niños que demostraban conocimientos y comprensión respecto a los fines de aprendizaje
Fin 1 La luz se produce a partir de varias fuentes.	35
Fin 2 La luz viaja desde estas fuentes hacia fuera.	19
Fin 3 La vista ocurre porque la luz desde el objeto entra el ojo	19
Fin 4 La luz se puede reflejar.	3
Fin 5 La luz viaja en línea recta.	2
Fin 6 Las sombras ocurren porque los objetos bloquean la luz.	0
Fin 7 La longitud de una sombra depende de la posición de la fuente de luz, así que la posición del sol en el cielo determina la longitud de la sombra.	1
Fin 8 La luz de la luna es luz reflejada del sol.	0
Fin 9 Las fases de la luna resultan de la posición rela-	0

tiva del sol, de la luna y de la tierra.	
Fin 10 La luz y la oscuridad las produce el giro de la tierra.	3
Fin 11 La luz viaja en línea recta y se puede reflejar (p.ej. en una aplicación práctica con periscopio).	1

**Tabla 4 Valoración general post-test de los fines de aprendizaje**

Fin de aprendizaje	Número de niños que demostraban conocimientos y comprensión respecto a los fines de aprendizaje
Fin 1 La luz se produce a partir de varias fuentes <sup>c</sup>	35
Fin 2 La luz viaja desde estas fuentes hacia fuera <sup>ai</sup>	35
Fin 3 La vista ocurre porque la luz entra el ojo <sup>ai</sup>	32
Fin 4 La luz se puede reflejar <sup>ci</sup>	33
Fin 5 La luz viaja en línea recta <sup>cai</sup>	33
Fin 6 Las sombras ocurren porque los objetos bloquean la luz <sup>cai</sup>	31
Fin 7 La longitud de una sombra depende de la posición de la fuente de luz, así que la posición del sol en el cielo determina la longitud de la sombra <sup>ai</sup>	26
Fin 8 La luz de la luna es luz reflejada del sol <sup>ai</sup>	25
Fin 9 Las fases de la luna resultan de la posición relativa del sol, de la luna y de la tierra <sup>ai</sup>	24
Fin 10 La luz y la oscuridad las produce el giro de la tierra <sup>cai</sup>	28
Fin 11 La luz viaja en línea recta y se puede reflejar (en una aplicación práctica con periscopio). <sup>cai</sup>	33

En la Tabla 4, los fines asociados con la construcción sobre conocimientos previos se indican con <sup>c</sup>, fines asociados con el andamiaje se indican con <sup>a</sup>, y fines asociados con las actividades investigativas se indican con <sup>i</sup>.

### Resultados: Proceso

Se seleccionó una sub-muestra de seis niños de una sola situación de clase para un análisis a fondo en cuanto a sus respuestas durante las preguntas iniciales y las actividades prácticas subsiguientes. Los resultados de esta sub-muestra pequeña se informan abajo. En las siguientes ejemplos de discurso, las intervenciones no atribuidas son por parte del investigador. Las intervenciones de los niños se identifican con una inicial para cada niño.



*Fines de aprendizaje 1: La luz se produce a partir de varias fuentes y 2: La luz viaja desde estas fuentes hacia fuera.*

Todos los niños tenían experiencia en conocer la luz y de dónde procede; sin embargo, no habían considerado necesariamente la diversidad de fuentes y que la luz procede de estas fuentes. Se les pidió a los niños que emplearan lo que sabían sobre la procedencia de la luz durante el día y la noche. Todos pudieron nombrar y dibujar al menos 8 fuentes de luz que incluían tanto fuentes naturales como artificiales. Todos los niños incluyeron el sol y todos lo dibujaron de forma estilizada con líneas que salían hacia fuera. Un solo niño dibujó estas líneas que irradian con otras fuentes de luz – una linterna y un farol – indicando que la luz salía de estas fuentes. Cuando se les preguntó a los niños sobre las líneas que salían del sol, respondieron que sería la luna si no tuviera esas líneas, y que así se dibujaba el sol. Esto significaría que las líneas no representaban la luz. Cuando se le preguntó al individuo que dibujó las líneas con otras fuentes, dijo que esto mostraba la luz que salía.

*Fines de aprendizaje 4: La luz se puede reflejar y 5: La luz viaja en línea recta*

El investigador reflejó la luz de un espejo hacia el techo. Se les preguntó a los niños por qué creían que la luz de la linterna que se dirigía en un sentido (alejándose del techo) pudo cambiar de sentido. Todos los niños pudieron explicar que rebotó desde el espejo. Dos niños utilizaron la palabra “reflejar”. A los niños les era familiar el concepto de que se puede reflejar la luz. Se les dieron a los niños un espejo y una linterna y así experimentaban reflejando la luz hacia distintas partes del aula. Luego se les pidió que colocaran el espejo delante de ellos y la linterna detrás de ellos y hacia un lado, para intentar ver la luz en el espejo. Se les pidió que explicaran esto. Un niño dijo que la luz le rodeaba, otro dijo que él mismo reflejaba la

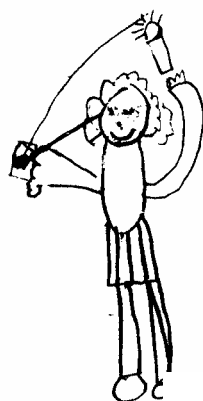


Figura 2

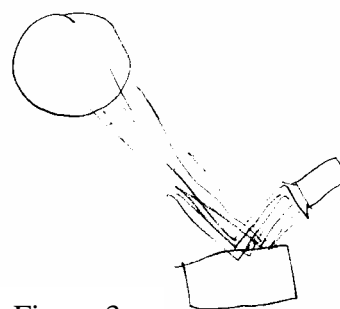


Figura 3

luz. Después hicieron dibujos de lo que creían que pasaba. Sólo dos niños indicaron que la luz viajaba al espejo y luego rebotó a sus ojos. Ver Figuras 2 y 3.

Las dos muestran una comprensión de la luz que viaja, pero la figura 3 representa la luz como varias líneas que se reflejan – una representación muy acertada de lo que ocurre.

*Fin de aprendizaje 6: Las sombras ocurren porque los objetos bloquean la luz*

Los niños sabían a partir de su propia experiencia que hay muchas sombras por la noche. Sin embargo, las discusiones iniciales sugieren que los niños no eran conscientes de por qué se crean las sombras.

¿Cuándo se ven muchas sombras?

M: En el verano – Cuando el sol brilla en una pared y tú estás allí parado, puedes hacer títeres de sombras en la pared.

En el verano cuando hay mucho.....?

Todos: Sol.

H: Puedo ver muchas sombras por la noche.

¿Por qué ves muchas sombras por la noche?

G: Los faroles proyectan sombras por la noche.

K: Cuando apagas las luces y todavía es de noche, entonces ves sombras porque hay oscuridad fuera.

(Los niños habían relacionado la luz y la oscuridad con las sombras por su experiencia previa. Después los niños hacían sombras en una hoja de papel blanco sobre la mesa, usando linternas y objetos pequeños como ladrillos de madera, lápices, reglas, etc. y se les pidió que pensarán en por qué se crearon las sombras.)

¿Qué hace falta para hacer sombras?

G: No habría ninguna sombra si no hubiera nada que proyectara la sombra.

Necesitamos algo que proyecte la sombra. ¿Qué más?

R: Luz.

La luz, porque si sólo hay oscuridad....?

M: Si sólo hay oscuridad no veríamos nada.

Así es – si sólo hay oscuridad, todo sería una sombra.

(El investigador volvió entonces a la pregunta original sobre cuándo se ven muchas sombras, y dos niños se apropiaron de la discusión.)

¿Cuándo se ven muchas sombras?

G: Cuando la luz no puede rodear las cosas.

R: Cuando la luz está bloqueada.

(Los demás niños están de acuerdo. Los niños van aprendiendo a partir de las respuestas de los otros niños.)

*Fin de aprendizaje 7: La longitud de una sombra depende de la posición de la fuente de luz, así que la posición del sol en el cielo determina la longitud de la sombra*

Se les dio a los niños linternas y ladrillos de madera, y se les pidió que hicieran sombras. Se les pidió que probaran cambiar la posición de la linterna relativa al ladrillo, para ver qué efecto tenía en la sombra. Se produjo la siguiente discusión:

Cuando tengas tu objeto, piensa en lo que pasa con la sombra cuando subes y bajas la luz y la pasas de un lado a otro.

(Los niños experimentaron. Algunos sostenían la linterna por encima del objeto y lo pasaban de un lado a otro pero no hacia abajo, lo cual crearía distintas longitudes de sombras.)

¿Cómo se puede hacer una sombra larga?

G y R: Tenemos una sombra larguísima.

(Habían dirigido la linterna desde el mismo nivel que el objeto.)

¿Podéis pensar en un momento cuando hay sombras largas en la calle?

M: Días de sol.

Sí, ¿a qué hora del día hay sombras largas?

R: Creo que sobre las cinco.

(El investigador demostró con una linterna, moviéndola en un arco por encima del objeto para simular el movimiento *aparente* del sol.)

Cuándo el sol está muy alto en el cielo, ¿se sale mucha sombra?

R: No, cuando está bajo— sí.

¿Habrán sombras largas a qué hora del día?

R: La mañana y la noche.

(Se había hecho la relación de que cuando está bajo el sol, las sombras son largas. Después los niños experimentaban, haciendo sombras largas. Todos los niños descubrieron que cuánto

más arriba la linterna, más corta la sombra, y cuánto más abajo la linterna, más larga la sombra. Pudieron relacionarlo con la posición del sol en el cielo.)

*Fines de aprendizaje 8: La luz de la luna es luz reflejada del sol y 9: Las fases de la luna resultan de la posición relativa del sol, de la luna y de la tierra*

Mientras tratábamos las sombras, un niño introdujo la idea de que la tierra hace una sombra.

R: La tierra nos hace una sombra por la noche.

Qué quieres decir con eso?

R: No estoy seguro.

Imagina que estás fuera, en el espacio, mirando la tierra.

G: Ya sabes, cuando ves la luna – luna llena y media luna. No es siempre luna llena porque la sombra de la tierra proyecta sobre la luna.

(G tiene el concepto de que la sombra produce las fases de la luna.)

¿De dónde procede la luz de la luna?

D: Del sol.

Del sol. Así es – pero a veces sólo se ve media luna. ¿Por qué?

R: Son las nubes.

Pero a veces es una noche despejada y no hay ninguna nube y aun así sólo se ve media luna. ¿Por qué es eso?

(Los niños no tenían conocimiento de los motivos de las fases de la luna, aparte de G que sabía que tenían que ver con sombras. Se empleó una analogía para explicárselos.)

Imagina que tengo aquí un balón y le dirijo una luz desde este lado. La luz brilla sobre esta parte del balón. ¿Qué pasa con el otro lado del balón?

K: La luz está intentando bloquear la oscuridad del balón.

(El investigador supone que lo que K quiso decir es que el balón estaba bloqueando la luz. El investigador hizo una demostración, dirigiendo la linterna hacia un lado de un balón, llamando la atención a cómo parece el balón según el ángulo del que se le mira.)

Aquí está el sol, brillando sobre la luna. ¿Qué veis aquí?

M: Estoy viendo media luna.

(M ha relacionado la linterna y el balón con la luna y el sol.)

Así es, veis la mitad porque la mitad está iluminada. ¿Qué es lo que pasa cuando se ve media luna?

R: Sabemos que el sol no se mueve.

Pero nosotros sí.

R: Sí, nosotros sí y la luna también, así que por eso vemos – a veces vemos la mitad de la luna.

(El investigador cambiaba la posición relativa del balón/luna con respecto a la linterna/sol para demostrar cómo las distintas proporciones del balón parecen ser iluminadas desde una posición céntrica (la de la tierra en este modelo). Los niños probaron esta actividad, y con preguntas relevantes del investigador, tuvieron un modelo con el que pudieron explicar las fases de la luna.)

*Fin de aprendizaje 10: La luz y la oscuridad las produce el giro de la tierra*

Este fin es un concepto difícil a menos que se vea desde el espacio, así que se empleó una analogía. Para esto tuvo que ayudar la maestra. La siguiente discusión muestra lo que sabían los niños sobre el sol y por qué hay oscuridad por la noche.

Por qué necesitamos la luz? ¿Para qué hay luz?

K: No podríamos ver.

¿Qué pasa cuando se hace de noche? ¿Por qué no hay luz?

M: El sol se mete y la luna sale así que todavía brilla un poco.

G: Porque si no hubiera sol, sería de noche siempre.

(Esto muestra comprensión del hecho de que cuando es de noche, el sol no está en el cielo.)

Así que la luz procede de.....?

H: El sol.

D: Yo tengo otra respuesta. Es porque el mundo gira.

¿Porque el mundo gira? ¿Lo puedes explicar un poco más?

D: No.

Ninguno de los demás niños pudieron explicar esto. Sabían que el mundo gira y que esto tenía algo que ver con el día y la noche. El investigador les dio una explicación sobre cómo el mundo gira y se mueve alrededor del sol. Los niños hicieron un modelo del sistema solar. Empleando este modelo, el investigador indicaba la posición de distintas partes del mundo y les preguntó a los niños por qué el giro de la tierra significa que no hay luz por la noche.

¿Para qué hay luz?

H: Para ver.

La luz procede de....?

K: El sol.

La noche es oscura porque....?

G: El sol pasa por detrás de la luna (explicación de un eclipse).

La razón por la que no hay sol por la noche es...?

G: Está al otro lado.

(G sabe esto pero todavía tiene un concepto erróneo de que tiene algo que ver con la luna.)

Cuando es de día aquí, ¿dónde es de noche?

D: Al otro lado de la tierra.

(Los niños establecieron que su posición en la tierra y la posición relativa del sol determinan si es de día o de noche. Sin embargo, algunos todavía sostenían cierta idea de que la luna también era responsable. A los niños se les pidió hacer un dibujo o escribir algo explicando qué pasa con la luz por la noche.)

*Fin de aprendizaje 11: La luz viaja en línea recta y se puede reflejar*

Los niños tenían experiencia con espejos y sabían que los espejos reflejan. A partir de experimentos previos, sabían que la luz viaja en línea recta. Se les dio a los niños un periscopio y se les preguntó cómo es que podían ver por encima de paredes, etc. Se les animó a que pensarán sobre lo que habían aprendido de que la luz entra sus ojos y que los espejos reflejan la luz. Tuvo lugar la siguiente conversación:



Yo puedo estar aquí abajo (por debajo del nivel de la mesa) pero todavía os veo. ¿Qué creéis que está pasando?

D: Aquí estamos mirando el espejo. La persona que miras, el espejo refleja su reflexión aquí abajo – hacia aquí – entra en ese extremo. (Señala para mostrar como la imagen viaja desde fuera hacia dentro de la parte abajo del periscopio, y se refleja hacia arriba del periscopio a la persona que lo utiliza)

(D ha usado lo que sabe sobre la reflexión y el viaje de la luz para explicar cómo funciona el periscopio.)

K: Parece como si estuvieras en el suelo.

M: ¿Qué pasa si reflejas la luz hacia dentro? (Señala la parte arriba del periscopio).

Inténtalo. ¿Qué va a pasar? ¿La luz alcanzará sus ojos?

R, G y M: Sí.

¿Por qué?

G: Hay espejos y cuando diriges la luz, se refleja por uno de los pedacitos porque está algo inclinado y luego sube un poco.

(G se ha dado cuenta de que los espejos deben estar inclinados para que la luz se refleje en la dirección deseada.)

Si dirijo la luz aquí dentro (parte arriba del periscopio), ¿a dónde viaja la luz?

M: Entra en los ojos de Katherine.

¿Cómo hace eso?

M: Porque tiene espejos.

¿Y qué hacen los espejos?

M: Reflejan.

Si no dirijo una luz aquí, ¿cómo es que puede ver de todas formas? ¿Qué pasa aquí para permitirle que vea?

(Sin respuesta. Los niños saben que si dirigen una luz en el extremo, se refleja y viaja arriba del periscopio, se vuelve a reflejar y entre en los ojos de K para que pueda verla. Los niños todavía no han comprendido la idea de que hay otra luz del ambiente que entra allí también.)

Si yo tapo esto (cubre el extremo del periscopio con las manos), ¿ella vería algo?

Todos: No.

¿Por qué no? ¿Por qué no verá nada?

G: Porque no estaría reflejando.

¿Qué impido que entre aquí?

G: La luz.

(G ha utilizado lo que ya sabía. Hace falta la luz para ver. Después los niños hicieron dibujos de cómo funciona un periscopio. Todos elaboraron un dibujo que indicaba que la luz viaja y se refleja en líneas rectas. Ver las Figuras 4 y 5 abajo.)

Un análisis del discurso contenido en las transcripciones indica que, después de la expresión inicial de ideas y de conceptos, los niños podían aprender de forma eficaz si emprendieran actividades prácticas que se complementaron con interacción social. Los datos también indicaron que tanto el maestro como el grupo de iguales tuvieron papeles importantes en este respecto. La actividad práctica pareció importante al permitir que los niños reconstruyeran

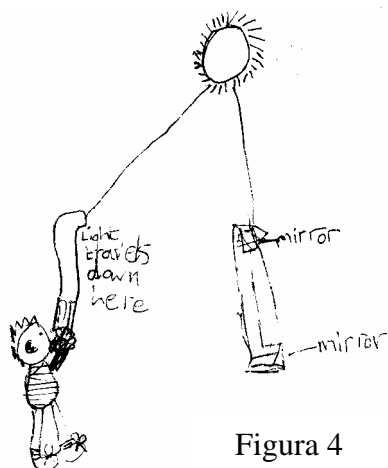


Figura 4

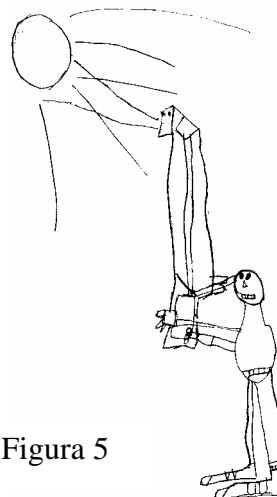


Figura 5

ran significado a partir de la discusión. Un ejemplo se encuentra en la transcripción que pertenece al Fin de Aprendizaje 7. Al principio los niños hacían conjeturas sobre cuándo el sol produciría sombras largas. Sin embargo, después de hacerles preguntas bien definidas, de hacer la demostración práctica con la linterna, y luego la discusión, entonces los niños pudieron relacionar la posición del sol con la sombra que proyectaba. Igualmente, en la transcripción que pertenece a los fines de aprendizaje 8 y 9, las preguntas iniciales muestran que los niños no pudieron establecer ninguna relación entre sus conocimientos existentes sobre la luz y la sombra y la explicación de por qué vemos las fases de la luna.

## Discusión

Este trabajo tiene varias limitaciones en su metodología. En la tradición de observación participativa, el agente de intervención fue también el que recogía los datos, lo cual pudo haber introducido parcialidad. Los instrumentos de recogida de datos eran de fiabilidad y validez desconocidas, aunque sí tenían mucha validez nominal. Todos requerían interpretación y juicio, pero no se exploró la fiabilidad entre calificadores. El tamaño de la muestra era pequeño, así que cualquier generalización de los hallazgos requiere la mayor precaución. No se implicó ningún grupo de control ni de comparación. Tampoco se sabe si los avances registrados habrían perdurado al comprobarlos a medio o largo plazo.

Por otro lado, las actividades eran naturalistas, y los niños no tenían motivo evidente para responder de ninguna forma que no fuera espontánea ni imparcial. El trabajo investigó en detalle y con éxito el proceso de cambio conceptual en un número pequeño de aprendices dentro del contexto de aprendizaje que se examinaba. Se requieren más trabajos para investigar

la utilidad de tales metodologías en estudios más grandes dentro de contextos educativos más diversos.

Este trabajo exploró el desarrollo constructivista de constructos científicos por parte de niños, en lo referente a la luz, la tierra y el espacio, subrayando el papel importante que puede jugar el lenguaje y el contacto social. Los datos respaldan el constructivismo social como modelo eficaz para promover el aprendizaje de los niños en las ciencias naturales (Vygotsky, 1978).

Campanario (2002) sostiene que el papel del lenguaje es imprescindible para permitir el cambio conceptual. Sin él, con frecuencia se dejarían sin explorar los conceptos erróneos de los niños (ni comprendidos por el mismo aprendiz). Por lo tanto, los conceptos erróneos pueden perdurar en el aprendizaje si no se emplea la conversación para explorar las ideas. Ollerenshaw y Ritchie (1998) subrayan la importancia de la conversación al permitir que los aprendices exploren sus ideas y a continuación las reconstruyan basándose en su experiencia. Se ha afirmado que el aspecto social del constructivismo es imprescindible para permitir que uno pruebe sus ideas de forma eficaz (Terhart, 2003). Las preguntas bien definidas y la actividad práctica facilitaron el desarrollo de un modelo de por qué experimentamos la noche y el día y las fases de la luna. Puede que la actividad práctica evitara que la conversación de la clase se convirtiera en una interacción cerrada (iniciación, respuesta, seguimiento/evaluación), que se informa que prevalece en las lecciones tradicionales de ciencias naturales (Jones, 2000).

## **Conclusión**

Este trabajo mostró cómo los niños de escuela primaria de 9 años construyen el sentido y elaboran su comprensión en las ciencias, aunque con una muestra pequeña y en un contexto específico. Se dio énfasis a la importancia de explorar los conceptos veraces y erróneos existentes en el niño a través de la discusión interactiva, así como de formar preguntas bien dirigidas y el uso de andamiaje para construir una comprensión más amplia y más profunda que tuviera en cuenta estas ideas preconcebidas.

La valoración pre- y post-intervención, con criterios referentes a objetivos específicos de aprendizaje, indicó avances muy grandes en la comprensión de los participantes. Las técnicas de enseñanza adoptadas subrayaron la importancia de construir sobre las comprensiones previas de los participantes, el papel de preguntas dirigidas y andamiaje por parte de un adul-

to, y el papel importante de las investigaciones científicas de tipo actividad práctica. Fines de aprendizaje más sencillos se podían lograr o construyendo sobre los conocimientos existentes del niño o como resultado de andamiaje a través de interacción y discurso bien cuidados. Sin embargo, los fines de aprendizaje más complejos requerían el uso combinado de éstos así como las actividades prácticas investigativas. Todas las intervenciones planificadas que desembocaron en que los niños demostraran avances en términos de fines de aprendizaje fueron asociadas con un elemento de actividad práctica. La naturaleza de cómo se integraron estas actividades prácticas en la intervención se ilustra en las transcripciones correspondientes a los fines de aprendizaje 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11. Se informa en muchos trabajos que es deseable esta clase de enseñanza para la comprensión profunda, aunque sea complicado lograrla en la práctica (Wallace y Louden, 2003).

Los trabajos y las revisiones se han centrado en las tensiones entre las teorías del constructivismo cognitivo y social. Con frecuencia pretenden ensalvar las virtudes de una a expensas de la otra (p.ej. Matthews, 1997; Bee, 2000; Fox, 2001). Los datos que se presentan en este trabajo indica que el aprendizaje en las ciencias tiene tanto una dimensión social como una cognitiva. La planificación de experiencias apropiadas de aprendizaje que tienen en cuenta la necesidad de responder ante ambas cuestiones, cognitivas y sociales, puede producir avances importantes en los fines de aprendizaje para los alumnos. En particular, este trabajo ilustra la necesidad de una planificación cuidadosa en términos de construir y proporcionar andamiaje sobre el aprendizaje previo a través de actividades prácticas. También indica que se pueden conseguir avances importantes en el logro de objetivos cuando se enseñan conjuntamente los conceptos científicos más fundamentales con los conceptos más complejos.

### *Implicaciones para la acción*

La intervención fue relativamente breve (8 horas), pero fue trabajo intensivo en que un experto adulto actuaba con un grupo pequeño (n=41) de niños. Esto plantea dudas a la hora de transferir estos métodos a la enseñanza de las ciencias en clases más numerosas o ¡incluso a otras áreas de las ciencias naturales! Sin embargo, parecen ser transferibles a clases más numerosas los siguientes principios:

- hacer explícitos la comprensión y los conceptos erróneos existentes
- construir sobre el conocimiento existente a través de preguntas y andamiaje, y

- hacer uso de actividades prácticas sobre todo para esos objetivos de aprendizaje para los que no se pueden desarrollar una comprensión adecuada por la construcción y el andamiaje solos.

Las investigaciones prácticas ocupan mucho tiempo y requieren mucha organización, así que es importante que los maestros las usen de forma estratégica. De hecho, algunos conceptos no se pueden demostrar a través de actividades prácticas, así que puede ser imprescindible el aprendizaje a través de la discusión de conceptos abstractos. Varias publicaciones recientes han destacado los beneficios de las actividades prácticas en las ciencias naturales (p.ej. Topping y Thurston, 2004).

Puede que los maestros necesiten más formación profesional para facilitar todo esto, quizás sobre todo en las habilidades referentes a la construcción, las preguntas y el andamiaje (Wallace y Loudén, 2003). Se ha considerado esencial desarrollar la capacidad tanto para interpretar las ideas de los niños como para centrarse en la naturaleza de las ideas para permitir la enseñanza y el aprendizaje eficaces de las ciencias en la escuela primaria (p.ej. Parker, 2004). Puede ser de beneficio para los maestros que se graben en vídeo sus interacciones con los niños dentro del aula, seguido por una auto-valoración y una reflexión sobre la cantidad y la calidad de la interacción. En clases más numerosas, es posible que se consiga el aprendizaje interactivo de las ciencias a través de la enseñanza mutua (p.ej. Christie, Topping, Thurston, Tolmie, Livingston, Howe, Jessiman y Donaldson, 2004).

Puede que lleve un tiempo para que los niños y docentes acostumbrados a la instrucción didáctica tradicional se adapten a una forma más constructivista de aprendizaje (Wallace y Loudén, 2003). Será importante que puedan expresar libremente sus ideas y que no se sientan cohibidos por la posibilidad de equivocarse, así que la sociología y el espíritu de la clase serán importantes con respecto a la solidaridad y la confianza. Parece probable que al hacer que los niños sean dueños de sus propias investigaciones científicas se incrementaría la motivación y favorecería la auto-eficacia (Kempa y Dias, 1990).

Parece importante que a los niños se les enseñe las habilidades del científico lo antes posible. Se les debe animar a que piensen de forma científica lógica e independiente – cuestionando, discutiendo, prediciendo, formando hipótesis y probando sus ideas. El desarrollo cognitivo de esta naturaleza puede desembocar en avances generales en todas las áreas de

aprendizaje, ya que las habilidades científicas y las habilidades de pensamiento muchas veces son indistinguibles.

## Referencias

- Ausubel, D.P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomic events. *International Journal of Science Education*, 11, 302-313.
- Bee, H. (2000). *The Developing Child*. (9th edition). Needham Heights, MA: Allyn & Bacon
- Bell, B. y Cowie, B. (2001). *Formative Assessment and Science Education*. Londres: Kluwer Academic Publishers.
- Bisard, W., Aron, R., Francek, M., y Nelson, B. (1994). Assessing selected physical science and Earth science misconceptions of middle school through university pre-service teachers. *Journal of College Science Teaching*, 24, 38-42.
- Black, P. y Harrison, C. (2000). Formative assessment. En Monk, M. y Osborne, J. (Eds.) *Good Practice in Science Teaching: What research has to say* (pp 25-40). Buckingham, Inglaterra: Open University Press.
- Black, P.J. y Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education*, 5 (1), 7-74.
- Christie, D., Topping, K.J., Thurston, A., Tolmie, A. Livingston, K. Howe, C., Jessiman, E. y Donaldson, C. (2004). Supporting groupwork in Scottish primary schools. Trabajo presentado al *British Education Reseach Association Annual Conference*, Manchester, 16-18 Septiembre 2004.
- Campanario, J.M. (2002). The comparison between scientists' and students' resistance to new scientific ideas. *International Journal of Science Education*, 24(10), 1095-1110.
- Fox, R. (2001). Constructivism examined. *Oxford Review of Education*, 27(1), 23-35.
- Gilbert, J. y Qualter, A. (1996). Using questioning and discussion to develop children's ideas. *Primary Science Review*, 43, 6-8.
- Goldsworthy, A. (1998). Learning to Investigate. En Sherrington, R. (Ed.) *ASE Guide to Primary Science Education* (pp 63-70). Hatfield, Inglaterra: Association for Science Education.
- Harlen, W. y Holroyd, C. (1995). *Primary teachers' understanding of soncepts in science and technology*. Interchange 34. Edinburgh, Escocia: Research and Intelligence Unit, Scottish Council for Research in Education.



- Harlen, W. (2000). *The Teaching of Science in Primary Schools* (pp 72-81). Londres: David Fulton.
- Harlen, W. (2001). *Teaching, Learning & Assessing Science 5-12* (2ª edición) (pp 13-15). Londres: Paul Chapman.
- Hollins, M. y Whitby, V. (2001). *Progression in Primary Science* (2ª edición) (p 15). Londres: Fulton.
- Jones, C. (2000). The role of language in the learning and teaching of science. En Monk, M. y Osborne, J. (Eds.) *Good Practice in Science Teaching: What research has to say* (pp 88-103). Buckingham, Inglaterra: Open University Press.
- Julyan, C. y Duckworth, E. (1996). A constructivist perspective on teaching and learning in science. En Fosnot, C.T. (Ed.) *Constructivism: Theory, perspective and practice* (pp 55-72). Nueva York: Teachers' College Press.
- Kempa, R.E. y Dias, M.M. (1990). Student's motivational traits and preferences for different instructional modes in science education. *International Journal of Science Education*, 12, 195-202.
- Klein, C. (1982). Children's concepts of the earth and the sun: a cross-cultural study. *Science Education*, 65, 95-107.
- Learning & Teaching Scotland (2004). Assessment Is For Learning: Self/Peer assessment. Bajado el 22 Noviembre 2004, de [www.ltscotland.org.uk/assess/as/pal/selfpeer/index.asp](http://www.ltscotland.org.uk/assess/as/pal/selfpeer/index.asp)
- Matthews, P.S.C. (1997). Problems with Piagetian constructivism. *Science & Education*, 6, 105-119.
- Millar, R. (1998). Teaching physics as a non-specialist: the in-service training of science teachers. *Journal of Education for Teaching*, 14, 39-53.
- Novak, J. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate hierarchies leading to empowerment of learners. *Journal of Science Education*, 86(4), 548-571.
- Ollerenshaw, R. y Ritchie, R. (1998). *Primary Science: Making it work*. Londres: David Fulton.
- Osborne, J., Black, P., Smith M., y Meadows, J. (1990). *Light. Primary SPACE Project Research Report*. Liverpool, Inglaterra: Liverpool University Press.
- Osborne, J., Wadsworth, P., Black P. y Meadows, J. (1990). *The Earth in Space: Primary SPACE Project Research Report*. Liverpool, Inglaterra: Liverpool University Press.

- Parker, J. (2004). The synthesis of subject and pedagogy for effective learning and teaching in primary science education. *British Educational Research Journal*, 30(6), 819-839.
- Piaget, J. (1985). *Equilibration of Cognitive Structures*. Chicago: University of Chicago Press.
- Russel, T. y Watt, D. (1990). *Growth: Primary SPACE Project Research Report*. Liverpool, Inglaterra: Liverpool University Press.
- Scottish Executive Education Department (2000). *Environmental Studies: Society, science and technology 5-14 national guidelines*. Dundee, Escocia: Learning and Teaching Scotland.
- Suzuki, M. (2003). Conversations about the moon with prospective teachers in Japan. *Journal of Science Education*, 87(6), 892-910.
- Terhart, E. (2003). Constructivism and teaching: A new paradigm in general didactics? *Journal of Curriculum Studies*, 35(1), 25-44.
- Topping, K. y Thurston, A. (2004). *Enjoying Science Together*. Grangemouth, Scotland: British Petroleum/ Geoquest.
- Trumper, R. (2001). A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1111-1123.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wallace, J. y Louden, W. (2003). What we don't understand about teaching for understanding: Questions from science education. *Journal of Curriculum Studies*, 35(5), 545-566.
- Watts, M. Barber, B. y Alsop, S. (1997). Children's questions. *Primary Science Review*, 49, 6-8.