



**Para citar este artículo, le recomendamos el siguiente formato:**

Fernández Nistal, M. T. y Peña, S. H. (2008). Concepciones de maestros de primaria sobre el planeta Tierra y gravedad. Implicaciones en la enseñanza de la ciencia. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10 (2). Consultado el día de mes de año en: <http://redie.uabc.mx/vol10no2/contenido-fernandeznistal.html>

---

## **Revista Electrónica de Investigación Educativa**

Vol. 10, No. 2, 2008

### **Concepciones de maestros de primaria sobre el planeta Tierra y gravedad. Implicaciones en la enseñanza de la ciencia<sup>1</sup>**

### **Elementary School Teachers' Conceptions of the Planet Earth and Gravity. Implications for Science Education**

María Teresa Fernández Nistal (\*)  
[mfernand@itson.mx](mailto:mfernand@itson.mx)

Sergio Humberto Peña Boone (\*)  
[spena@itson.mx](mailto:spena@itson.mx)

\* Departamento de Psicología  
Instituto Tecnológico de Sonora

5 de Febrero, n° 818 Sur, Col. Centro, 85000  
Ciudad Obregón, Sonora, México

(Recibido: 1 de junio de 2007; aceptado para su publicación: 2 de mayo de 2008)

## Resumen

Se estudian las concepciones sobre la forma del planeta Tierra y el sistema de referencia geométrico determinado por la gravedad en 80 maestros de primaria. El instrumento utilizado es una entrevista semiestructurada de aplicación individual. Un análisis cualitativo de las respuestas de los maestros a la entrevista reveló cuatro concepciones: a) el planeta Tierra tiene una forma indefinida; b) la Tierra es una esfera en cuyo interior viven las personas; c) la Tierra es esférica y las personas viven en su superficie según un sistema de referencia absoluto hacia abajo y d) concepción científica. La distribución de los maestros en estas concepciones indica que casi la mitad (49%) presentó concepciones alternativas, el resto sostuvo la concepción científica. Los resultados de este estudio ofrecen información relevante para el diseño de cursos de formación para maestros desde una perspectiva constructivista.

*Palabras clave:* Concepciones, enseñanza de las ciencias, docentes de educación primaria, conceptos científicos.

## Abstract

This study examines 80 elementary school teachers' conceptions of the Planet Earth's shape and the reference system determined by gravity. The information was collected through a semi-structured interview. A qualitative analysis of the answers identified four conceptions: a) The planet earth has an undefined shape; b) the planet earth is spherical in shape, in the interior of which the people live; c) the earth is spherical and the people live around the spherical surface oriented in an absolute system of reference, and d) scientific conception. The teachers' frequency distribution in diverse conceptions showed that almost half of the teachers (49%) held alternative conceptions, the rest of the teachers maintained the scientific conception. The results offered relevant information for designing teachers' courses using a constructivist approach.

*Key words:* Conceptions, science education, elementary school teachers, scientific conceptions.

## Introducción

El estudio de las concepciones alternativas que presentan los maestros de primaria y estudiantes normalistas sobre los temas de ciencias que tienen que enseñar a sus alumnos, constituye una línea de investigación cuyos resultados han confirmado la falta de preparación de estos maestros en ciencias. En general, estos estudios han encontrado que los maestros sostienen concepciones alternativas o no científicas sobre diversos conocimientos escolares de ciencias, semejantes a las ideas previas identificadas en los trabajos realizados con niños.

Uno de los motivos de la mala preparación en ciencias de los maestros de primaria ha sido la formación que han recibido, más enfocada a la alfabetización

de la escritura y el sistema numérico decimal. En la sociedad del conocimiento en la que estamos inmersos, estas funciones se han ampliado. A las alfabetizaciones tradicionales se han añadido nuevas demandas de alfabetización que los maestros de educación básica tienen que saber afrontar.

En el área de la enseñanza de la ciencia el reto es alcanzar la alfabetización científica para todos, con calidad y equidad. Esto quiere decir que todos los ciudadanos alcancen la capacidad de utilizar el conocimiento científico, identificar preguntas relevantes y extraer conclusiones basadas en evidencias, con la finalidad de que comprendan y ayuden a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios realizados en él a través de la actividad humana (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2000).

Las deficiencias disciplinares en ciencias de los maestros de primaria presentan importantes restricciones para una enseñanza de las ciencias de calidad. Diversos estudios han señalado que las propias concepciones alternativas de los maestros sobre los temas de ciencias que deben enseñar, pueden ser uno de los orígenes de las concepciones previas que presentan los alumnos sobre estos temas (Kikas, 2004; Schoon, 1995; Trundle, Atwood y Christopher, 2002). Además, las deficiencias disciplinares de los maestros tienen consecuencias en sus prácticas educativas. En este sentido Appleton (2003) ha señalado que la falta de confianza de muchos maestros de primaria a la hora de enseñar ciencias, les lleva a utilizar actividades educativas y estrategias de enseñanza dirigidas a mantener el control de la clase, pero no corresponden a las actividades idóneas para enseñar y atraer la atención de los estudiantes hacia la ciencia.

La mayoría de los estudios sobre las concepciones de los maestros y alumnos normalistas respecto a temas de astronomía que forman parte del currículum escolar, se han enfocado a las estaciones del año, las fases de la luna, y el día y la noche (Atwood, 1995; Camino, 1995; De Manuel, 1995; Kikas, 2004; Navarrete, 1998; Parker y Heywood, 1998; Trumper, 2003; Trundle, Atwood y Christopher, 2002 y Vega, 2001). Estos estudios han encontrado concepciones alternativas o no científicas sobre estos temas de ciencias en los maestros, similares a las identificadas en la población infantil.

Las concepciones de la forma del planeta Tierra y el sistema de referencia geométrico casi no se han estudiado en maestros ni en estudiantes normalistas, a pesar de que existe una línea de investigación muy consolidada referente a las concepciones en niños (Fernández, 2004a y 2004b; Mali y Howe, 1979; Nussbaum, 1979; Nussbaum y Novak, 1976; Sneider y Pulos, 1983; Vosniadou y Brewer, 1992; Samarapungavan, Vosniadou y Brewer, 1992). Los resultados de estos trabajos han mostrado que existe un desarrollo en la adquisición del conocimiento sobre el planeta Tierra y gravedad relacionado con la edad. Este desarrollo inicia con concepciones basadas en la percepción aparente, que informan sobre una Tierra plana, y con un sistema de referencia absoluto hacia

abajo. La exposición gradual al conocimiento escolar que reciben los niños sobre este tema de ciencias, da lugar a concepciones que articulan datos de la percepción aparente con los conocimientos escolares (por ejemplo, el planeta Tierra es una esfera dividida en dos hemisferios, en la superficie plana del hemisferio inferior viven las personas) y, finalmente, a la concepción escolar o científica (Fernández, 2004a).

Este proceso de desarrollo no concluye en la concepción científica en todas las personas. La mayoría de los estudios de desarrollo han encontrado una frecuencia considerable en los niños de mayor edad con concepciones alternativas sobre este tema. Por ejemplo, en el estudio de Fernández (2004a), realizado con alumnos de 6 a 12 años de Barcelona, la frecuencia de niños que alcanza la concepción científica aumenta con la edad, pero no es generalizada. A esta edad 40% presenta aún concepciones alternativas. Incluso, Vosniadou y Brewer (1992), que sólo estudian la forma de la Tierra, sin tener en cuenta la gravedad, aspecto que dificulta la comprensión de este conocimiento, 40% de los alumnos de 10 y 11 años presentan modelos no científicos de la Tierra.

Por otro lado, algunos estudios muestran que en la población adulta persisten dificultades para alcanzar la concepción científica sobre este tema básico de astronomía (Fernández, 2004b; Vega, 2001). Vega (2001) encontró que 12.5% de una muestra de maestros de primaria de Tenerife, en España, presentaron respuestas no científicas de la forma del planeta Tierra. El instrumento que utilizó fue un cuestionario de selección múltiple. Las concepciones alternativas que seleccionaron estos maestros fueron: a) esférica, pero vivimos en el centro, en una zona plana; b) dos Tierras diferentes: la esférica del espacio y plana donde vivimos; c) esférica con partes planas, que es donde vivimos y d) redonda alrededor y plana por encima, en donde vivimos.

En el estudio de Fernández (2004b) realizado con indígenas Karajás de Brasil, sólo 18.18% de los participantes entre los 17 y los 26 años presentaron la concepción científica del planeta Tierra y gravedad, el resto sostuvieron concepciones basadas en datos de una percepción aparente (18.18%) o que articulan datos de la percepción aparente con conocimientos culturales (63.63%). Cabe mencionar que en este estudio se tuvo en cuenta la gravedad y que el instrumento utilizado fue una entrevista formada por preguntas abiertas, donde los participantes también tenían que dibujar y modelar, aspectos que complicaron más la situación. Además, la mayoría de estos participantes no habían finalizado la enseñanza obligatoria, lo que también explica la baja frecuencia de ellos que presentaron la concepción científica.

En los últimos años, diversos estudios realizados desde una perspectiva sociocultural han encontrado un aumento en las respuestas científicas de los participantes sobre la forma de la Tierra, cuando se utiliza un instrumento para reconocer la respuesta científica entre un grupo de alternativas, es decir, en una

selección entre distintos modelos, en tres dimensiones, de la forma de la Tierra (Panagiotaki, Nobes y Banerjee, 2006; Siegal, Butterworth y Newcombe, 2004). En esta línea de trabajos, Panagiotaki *et al.* (2006) han estudiado la comprensión de la Tierra que presenta una muestra de niños y 33 adultos de 18 a 60 años de edad. Los resultados indican que 91% de los adultos eligieron respuestas científicas y el resto (9%) presentaron respuestas incoherentes. La interpretación que hacen los autores de este resultado es que los adultos, salvo pocas excepciones, tienen una representación esférica de la forma de la Tierra. Sorprende que incluso en este tipo de situaciones de reconocimiento, más fáciles que los instrumentos formados por preguntas abiertas que requieren de una respuesta de producto, 9% de los participantes no elijan la alternativa científica de la forma del planeta Tierra.

Los resultados de estos estudios reflejan importantes implicaciones en el diseño y la planificación de los programas de formación para maestros. Estos programas tienen que contemplar que los estudiantes normalistas y los maestros poseen ideas previas sobre los temas de ciencias que tienen que enseñar a sus alumnos, y que esto tiene consecuencias en la validez de los conocimientos de ciencias que les comunican, así como en la calidad de las prácticas educativas que aplican en sus clases de ciencias.

La importancia de estudiar las concepciones de los maestros sobre los temas de ciencias que deben enseñar a sus alumnos para el logro de una enseñanza de las ciencias de calidad, y la escasez de trabajos realizados sobre este tema en maestros, justifican la realización de esta investigación. El objetivo fue identificar las concepciones sobre el planeta Tierra y el sistema de referencia geométrico determinado por la gravedad en maestros de primaria. Estos conocimientos forman parte del currículum de ciencias en educación primaria en México, y son temas básicos de astronomía para la comprensión de otros temas, como el ciclo día-noche y las estaciones del año.

Con base en los resultados de estudios anteriores realizados sobre este tema, conjeturamos que no todos los maestros presentan la concepción científica sobre este conocimiento. Los resultados de este estudio aportan información relevante para el diseño de cursos de formación para maestros desde una perspectiva constructivista.

## I. Método

### 1.1 Participantes

Los participantes son 80 maestros de sexto de primaria, 56 son hombres y 24 mujeres, en edades comprendidas entre los 25 y los 60 años de edad ( $M = 40.54$ ;  $SD = 7.59$ ). Diez maestros son yaquis<sup>2</sup> y trabajan en las comunidades de este grupo indígena. La distribución de la edad de los maestros según el sexo y los estudios realizados se puede consultar en la Tabla I. Los años de docencia oscilan entre los 3 y los 30 años ( $M = 17.06$ ;  $SD = 7.96$ ).

Tabla I. Distribución de los maestros según sexo, edad y estudios realizados

	Mujeres				Hombres				Total maestros	
	25 a 35 años	36 a 45 años	46 a 50 años	51 a 60 años	25 a 35 años	36 a 45 años	46 a 50 años	51 a 60 años		
Edad										
Estudios realizados	Maestría	0	0	0	0	1	1	1	0	3
	Normal superior	1	1	1	0	1	4	3	2	13
	Normal básica	3	8	3	0	6	24	5	1	50
	Licenciatura	3	0	0	0	2	0	0	0	5
	Pasante de Maestría	1	0	0	0	0	1	0	0	2
	Pasante de licenciatura	0	1	1	0	0	3	1	0	6
	Preparatoria	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Total maestros	8	10	5	1	10	33	10	3	80	

Estos maestros trabajan en 54 escuelas de primaria de distintas localidades del sur del estado de Sonora; 48 de estas escuelas son públicas y 6 privadas. Las escuelas pertenecen a distintos niveles socioeconómicos. El número de maestros que trabajan en ellas es proporcional a la distribución socioeconómica del sur del estado: 4 maestros trabajan en escuelas de nivel socioeconómico alto, 6 maestros en escuelas de nivel medio alto, 16 maestros en escuelas de nivel medio bajo, 32 maestros en escuelas de nivel bajo y 22 maestros en escuelas de nivel socioeconómico muy bajo.

El procedimiento de selección de los maestros consistió en solicitar a los jefes de sector y supervisores escolares de las distintas localidades, que proporcionaran una lista de 70 maestros de sexto año de primaria, que trabajaran en escuelas situadas en zonas de diferentes niveles socioeconómicos, así como de y 10 maestros yaquis. El nivel socioeconómico de las escuelas yaqui se clasificó como muy bajo.

## 1.2 Instrumento

El instrumento utilizado para estudiar las concepciones del planeta Tierra es una entrevista semiestructurada de administración individual, que plantea las siguientes preguntas y situaciones, agrupadas en cuatro bloques temáticos:

### 1. Forma del planeta Tierra:

*Pregunta 1.* Con esta plastilina modele la forma que cree que tiene el planeta Tierra, ¿qué forma es?

*Pregunta 2.* Dibuje el planeta Tierra, su forma.

*Pregunta 3.* ¿Qué hay alrededor del planeta Tierra que ha dibujado?

### 2. Lugar donde se sitúan el Sol y la Luna:

*Pregunta 4.* ¿Dónde están el Sol y la Luna? Dibuje dónde están (en la hoja donde ha dibujado el planeta Tierra).

### 3. Lugar donde viven las personas en el planeta Tierra:

*Pregunta 5.* ¿Las personas vivimos alrededor de esta superficie de la Tierra que ha hecho con plastilina? (Si el maestro contesta “sí”, pasamos a las preguntas del bloque temático 4. Si, por el contrario, el maestro tiene dudas y/o contesta que no vivimos en esta superficie, realizamos las preguntas 5.1 y 5.2).

*Pregunta 5.1.* ¿Dónde viven las personas?

*Pregunta 5.2.* ¿Por qué no vivimos alrededor de esta superficie?

### 4. Sistema de referencia geométrico:

*Pregunta 6.* Imagine que este muñeco es [una persona originaria] de México, colóquelo en el lugar de la Tierra de plastilina como cree que vive (su orientación). Esta persona es esquimal, vive en el polo norte, indique cómo vive. Este es un pingüino que vive en el polo sur, indique cómo vive. Esta

persona es china, indique cómo vive. ¿Por qué viven así, con esta orientación? (Aquí la intención es que el maestro justifique su respuesta).

*Pregunta 7.* En el dibujo de la Tierra que ha hecho dibuje la orientación del lugar donde viven el mexicano y el resto de estos personajes. ¿Por qué viven así, con esta orientación? (la intención es que el maestro justifique su respuesta).

*Pregunta 8.* Imagine que el personaje mexicano tiene una piedra en la mano y la deja caer. Dibuje la trayectoria de la piedra. Lo mismo con el esquimal, el chino y el pingüino. ¿Por qué tomarán esta dirección las piedras?

*Pregunta 9.* Imagine que esta botella está medio llena de agua y está al lado del personaje mexicano, en el polo norte, en el polo sur y en China. Dibuje cómo estarán las botellas y el nivel del agua. ¿Por qué estará así el nivel del agua en las botellas?

Las preguntas de la entrevista conjugan la respuesta verbal, la representación gráfica y la expresión en tres dimensiones, mediante el modelado con plastilina. El procedimiento con el cual se desarrolló la entrevista fue el interrogatorio clínico piagetiano. A partir de las respuestas de los participantes a cada una de las preguntas de la entrevista se realizó un interrogatorio clínico libre, adaptado a cada maestro, con el propósito de comprender su concepción sobre este tema.

El material consistió en plastilina, tres muñecos de 2.5 cm. de alto cada uno y un pingüino de juguete de 2 cm. de alto.

Esta entrevista es una adaptación para adultos del instrumento utilizado en el estudio de Fernández (2004a), que se construyó a partir de una revisión de las entrevistas utilizadas en los trabajos de Nussbaum (1979) y Vosniadou y Brewer (1992). Para efectos de dicha adaptación, se realizó un estudio piloto, cuya muestra estuvo formada por 10 maestros de primaria que trabajaban en escuelas de Ciudad Obregón (Sonora).

### **1.3 Procedimiento**

Las entrevistas se llevaron a cabo individualmente en salas de reuniones de los centros escolares, dentro del horario escolar y durante el ciclo escolar 2005-2006. La duración de cada una fue de aproximadamente 45 minutos. En conformidad con todos los maestros, las respuestas verbales se grabaron en cintas de audio. Las entrevistas fueron realizadas por dos licenciados en Psicología. Posteriormente se transcribieron literalmente las respuestas de los maestros.

## **II. Resultados**

Para identificar las concepciones del planeta Tierra, se realizó un análisis cualitativo de las respuestas obtenidas en la entrevista, en cada uno de los cuatro bloques temáticos: a) forma del planeta Tierra; b) lugar donde se sitúan el Sol y la Luna; c) lugar donde viven las personas en el planeta Tierra, y d) sistema de referencia geométrico.

Este análisis consistió básicamente en un proceso inductivo, en el que se organizaron los datos a partir de las coincidencias entre las respuestas de los participantes, lo que reveló distintos patrones de respuesta en cada uno de los bloques temáticos (ver Tablas II, III, IV y V). La integración de estos patrones de respuesta permitió identificar cuatro concepciones. Los criterios que determinaron la integración de los patrones de respuesta se basaron en los resultados de los estudios anteriores (Fernández, 2004a; Nussbaum y Novak, 1976 y Vosniadou y Brewer, 1992) y en la explicación científica sobre este tema de astronomía. El proceso de obtención de las distintas concepciones y la clasificación de los participantes se realizó por consenso entre los autores de este estudio.

Tabla II. Patrones de respuesta en el bloque temático 1: Forma del planeta Tierra, en las distintas concepciones

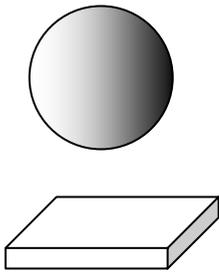
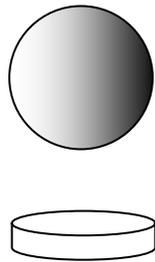
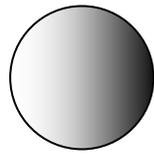
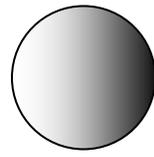
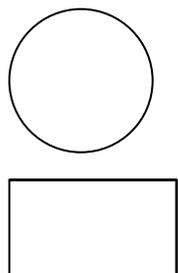
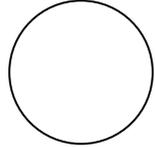
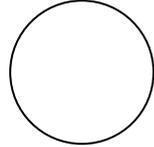
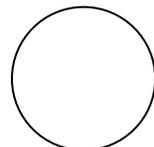
	Concepción 1	Concepción 2	Concepción 3	Concepción 4
<p><b>Pregunta 1.</b> Con esta plastilina modele la forma que cree que tiene el planeta Tierra.</p> <p>¿Qué forma es?</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redonda.</li> <li>• Rectángulo.</li> <li>• Esférica.</li> <li>• Redonda, achatada de los polos.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redonda.</li> <li>• Ovalada.</li> <li>• Circunferencia.</li> <li>• Esférica</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redonda, achatada por los polos.</li> <li>• Esfera.</li> <li>• Ovoide.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redonda, achatada por los polos.</li> <li>• Esfera.</li> <li>• Ovoide.</li> </ul>
<p><b>Pregunta 2.</b> Dibuje el planeta Tierra, su forma.</p>				
<p><b>Pregunta 3.</b> ¿Qué hay alrededor del planeta Tierra que ha dibujado?</p>	<p>Elementos característicos del hábitat de la Tierra:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El ser humano</li> <li>• Los recursos naturales</li> <li>• Los ecosistemas</li> <li>• Agua</li> <li>• Placas de tierra</li> <li>• Continentes</li> <li>• Ríos</li> <li>• Mares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacio.</li> <li>• Otros cuerpos celestes (Sol, Luna, estrellas, planetas).</li> <li>• Atmósfera.</li> <li>• Polvos, gases.</li> <li>• Universo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacio.</li> <li>• Otros cuerpos celestes (Sol, Luna, estrellas, planetas).</li> <li>• Atmósfera.</li> <li>• Polvos, gases.</li> <li>• Universo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacio.</li> <li>• Otros cuerpos celestes (Sol, Luna, estrellas, planetas).</li> <li>• Atmósfera.</li> <li>• Polvos, gases.</li> <li>• Universo.</li> </ul>

Tabla III. Patrones de respuesta en el bloque temático 2: Lugar donde se sitúan el Sol y la Luna, en las distintas concepciones

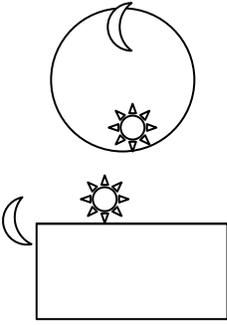
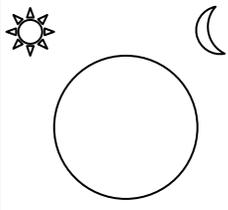
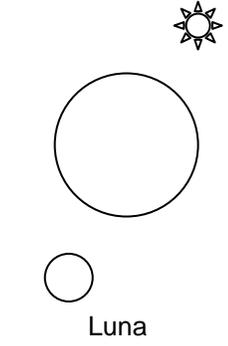
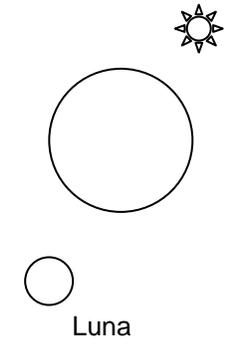
	<b>Concepción 1</b>	<b>Concepción 2</b>	<b>Concepción 3</b>	<b>Concepción 4</b>
<p><b>Pregunta 4.</b> ¿Dónde están el Sol y la Luna? Dibuje dónde están.</p>	<p>Dentro del planeta Tierra. Cerca del planeta Tierra.</p> 	<p>En el espacio, fuera del planeta Tierra.</p> 	<p>En el espacio. Fuera del planeta Tierra.</p>  <p>Luna</p>	<p>En el espacio. Fuera del planeta Tierra.</p>  <p>Luna</p>

Tabla IV. Patrones de respuesta en el bloque temático 3: Lugar donde viven las personas en el planeta Tierra, en las distintas concepciones

	<b>Concepción 1</b>	<b>Concepción 2</b>	<b>Concepción 3</b>	<b>Concepción 4</b>
<p><b>Pregunta 5.</b> ¿Las personas vivimos alrededor de esta superficie de la Tierra que ha hecho con plastilina?</p>	<p>No. Dudas. No contestan.</p>	<p>No.</p>	<p>Sí, sobre la superficie, en los continentes.</p>	<p>Sí, sobre la superficie, en los continentes.</p>
<p><b>Pregunta 5.1.</b> ¿Dónde viven las personas?</p>	<p>Dentro del planeta Tierra. Dudas. No contestan.</p>	<p>Dentro.</p>	<p>(No aplica).</p>	<p>(No aplica).</p>

Tabla V. Patrones de respuesta en el bloque temático 4: Sistema de referencia geométrico, en las distintas concepciones

	Concepción 1	Concepción 2	Concepción 3	Concepción 4
<p><b>Pregunta 6.</b> Imagine que este muñeco es de México, colóquelo en el lugar de la Tierra de plastilina como cree que vive (su orientación). Esta persona es esquimal, vive en el Polo Norte, indique cómo vive. Este es un pingüino que vive en el Polo Sur, indique cómo vive. Esta persona es china, indique cómo vive.</p>				
<p><b>Pregunta 7.</b> En el dibujo de la Tierra que ha hecho dibuje la orientación, de cómo vive el mexicano y el resto de los personajes.</p>				
<p><b>Pregunta 8.</b> Imagine que el personaje mexicano tiene una piedra en la mano y la deja caer. Dibuje la trayectoria de la piedra. Lo mismo con el esquimal, el chino y el pingüino.</p>				
<p><b>Pregunta 9.</b> Imagine que esta botella está medio llena de agua y está al lado del personaje mexicano, en el Polo norte, en el Polo Sur y en China. Dibuje cómo estarán las botellas y el nivel del agua.</p>				

A continuación se presentan las cuatro concepciones del planeta Tierra con ejemplos.

Concepción 1. El planeta Tierra tiene una forma indefinida. El sistema de referencia geométrico es absoluto hacia abajo. Los maestros clasificados en esta concepción modelan una forma determinada del planeta Tierra (esférica, rectangular), pero cuando se les pregunta: “¿Qué hay alrededor del planeta Tierra que han dibujado?”, mencionaron que hay distintos elementos característicos del hábitat de la Tierra, como el agua, el ser humano, las piedras, los continentes, etcétera. Ningún participante de esta concepción contesta “el espacio” en esta pregunta. Un ejemplo corresponde a la respuesta de una maestra, que dice que el planeta Tierra tiene forma “esférica” y dibuja un círculo para representar esta forma; sin embargo cuando le preguntamos: “¿Qué hay alrededor del planeta Tierra que ha dibujado?”, dice “agua”, y la señala en su dibujo mediante líneas alrededor del círculo (ver Figura 1). Otro ejemplo es la respuesta de una maestra que cree que el planeta Tierra tiene forma rectangular y que alrededor hay agua y placas de tierra (ver Figura 2).



Figura 1. Dibujo del planeta Tierra en la concepción 1 (maestra de 47 años de edad)

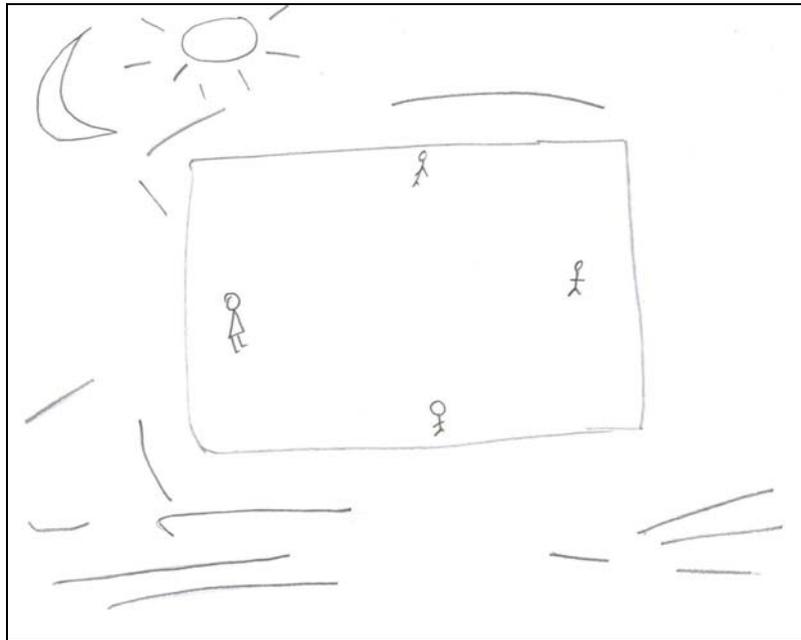


Figura 2. Dibujo del planeta Tierra en la concepción 1 (maestra de 42 años de edad)

En la pregunta 4 (“¿Dónde están el Sol y la Luna?”), algunos de los participantes de esta concepción contestan que el Sol y la Luna están cerca del planeta Tierra, por ejemplo: “El Sol y la Luna están cerca, aquí está la Tierra, el Sol está encima de la Tierra, estaría cerquita el Sol de la Tierra” (ver Figura 3).

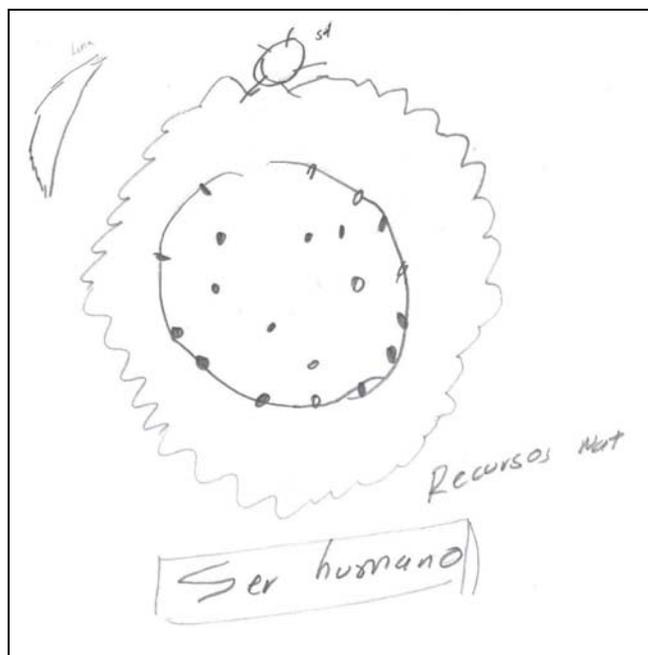


Figura 3. Dibujo del planeta Tierra y de la situación del Sol y la Luna en la concepción 1 (maestro de 46 años de edad)

Otros maestros de esta concepción creen que el Sol y la Luna están dentro del planeta Tierra (ver Figura 4).

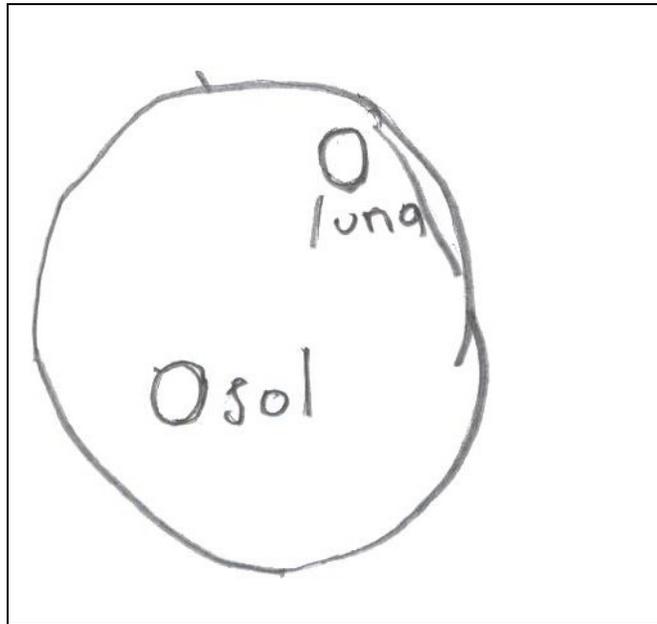


Figura 4. Dibujo de la forma del planeta Tierra y de la situación del Sol y la Luna en la concepción 1 (maestro de 50 años de edad)

En el bloque temático 3 (lugar donde viven las personas en el planeta Tierra), algunos de estos participantes creen que los seres humanos vivimos dentro del planeta Tierra, otros expresan dudas sobre dónde viven las personas y algunos maestros no contestan las preguntas de este apartado. Un ejemplo es la respuesta de una maestra que comienza contestando que las personas vivimos dentro del planeta Tierra, pero a lo largo de su explicación le surgen dudas: “Dentro... Yo digo dentro, tomando en cuenta, esto es la masa de tierra, entonces todos vivimos, todas las personas vivimos, entonces, entendí mal, interpreté que es la superficie, alrededor, encima”.

La comprensión del sistema de referencia geométrico de los participantes de esta concepción es absoluto hacia abajo (ver Tabla V). Algunos de los maestros colocan los muñecos según un sistema de referencia relativo hacia el centro de la Tierra en la situación de la plastilina (pregunta 6), pero cuando tienen que dibujar cómo se orientan estos personajes en su dibujo del planeta Tierra (pregunta 7), los dibujan según un sistema de referencia absoluto hacia abajo (ver Figura 2).

Otros maestros de esta concepción aplanan la esfera que modelaron con plastilina para colocar cómo viven las personas en la Tierra. En la situación de las piedras que dejan caer los personajes (pregunta 8) y del nivel del agua en las botellas (pregunta 9), estos participantes vuelven a representar gráficamente un sistema de referencia absoluto hacia abajo (ver Tabla V).

Concepción 2. El planeta Tierra tiene una forma definida (esfera, disco). En el interior del planeta viven las personas orientadas en un sistema de referencia absoluto hacia abajo. Los maestros clasificados en esta concepción modelaron con la plastilina una forma determinada (esfera, disco) del planeta Tierra y dibujaron un círculo para representar esta forma. A diferencia de la concepción 1, estos maestros consideran que alrededor del planeta Tierra está la atmósfera, el espacio y otros cuerpos celestes como las estrellas, la Luna, galaxias y el Sol.

En el bloque temático 3 (lugar donde viven las personas en el planeta Tierra), todos los participantes clasificados en esta concepción contestaron que las personas viven dentro del planeta Tierra. Algunos maestros cortaron la esfera de plastilina que modelaron e introdujeron los muñecos dentro. Un ejemplo de esta respuesta es el siguiente:

**Entrevistador (E):** ¿Las personas vivimos alrededor de esta superficie de la Tierra que ha hecho con plastilina?

**Maestro (M):** No.

**E:** ¿Dónde viven las personas?

**M:** ¿La podemos cortar? [señala la esfera de plastilina que modeló para representar el planeta Tierra].

**E:** Pues como usted crea.

**M:** Aquí [señala hemisferio superior de la esfera de plastilina] nos sobra espacio para arriba. Entonces para mí sería cortar esto, la cortaríamos así [corta la esfera de plastilina por la mitad]. Yo explicaría, o cualquier otro maestro, explicaríamos que esta parte [señala hemisferio inferior de la esfera de plastilina] sería la roca madre, entonces ya pondríamos aquí a los que somos los seres humanos encima y esto [señala hemisferio superior de la esfera de plastilina] lo representaríamos como el espacio, el aire, las nubes y todo lo que hay más arriba de nosotros. Nosotros estamos dentro de un planeta que está formado por varios factores.

Para estos maestros las personas no pueden vivir en la superficie esférica de la Tierra, porque en esa parte no hay vida. Un maestro lo explica con estas palabras: “Si viviéramos alrededor de la superficie de la Tierra yo diría que no hay vida. Las mismas partículas, tanto positivas como negativas, no nos darían la oportunidad de vivir, no es un medio adaptable 100% para nosotros”.

La comprensión del sistema de referencia geométrico de los participantes incluidos en esta concepción es absoluto hacia abajo (ver Tabla V). Algunos de los maestros colocan los muñecos según un sistema de referencia relativo hacia el centro de la Tierra en la situación de la plastilina, pero cuando tienen que dibujar cómo se orientan estos personajes en su dibujo del planeta Tierra, los dibujan según un sistema de referencia absoluto hacia abajo (ver Figura 5).

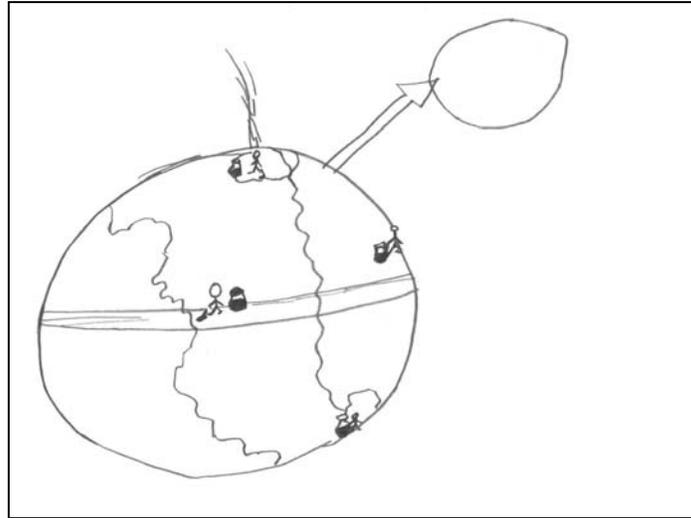


Figura 5. Dibujo del planeta Tierra y representación del sistema de referencia geométrico en la concepción 2 (maestro de 41 años de edad)

Concepción 3. El planeta Tierra tiene una forma esférica. Las personas viven en la superficie de la Tierra orientadas en un sistema de referencia absoluto hacia abajo. Los maestros clasificados en esta concepción modelaron con la plastilina una esfera y dibujaron un círculo para representar la forma del planeta Tierra. Alrededor de la Tierra está la atmósfera, el universo, el espacio y otros cuerpos celestes.

A diferencia de la concepción anterior, estos maestros consideraron que las personas vivimos alrededor de la superficie esférica de la Tierra, donde se encuentran los continentes. Todos los maestros contestaron afirmativamente en la pregunta 5 de la entrevista (“¿Las personas vivimos alrededor de la superficie de la Tierra?”).

La comprensión del sistema de referencia geométrico de estos maestros es absoluto hacia abajo. En la pregunta 6, en la que los maestros tenían que colocar muñecos de distintos países en la Tierra de plastilina que modelaron, la mayoría los orientaron según un sistema de referencia relativo hacia el centro de la Tierra.

Sin embargo en la situación gráfica (pregunta 7), donde tienen que dibujar la orientación de estos personajes en el planeta Tierra, los dibujaron orientados según un sistema de referencia absoluto hacia abajo (ver Tabla V). Cuando se les preguntó por qué dibujaron los personajes con esta orientación, contestaron que no podían representar en un dibujo plano lo que hicieron con la plastilina (una situación tridimensional). Un ejemplo de esta respuesta corresponde a un maestro, que en la situación de la plastilina colocó a los muñecos según un sistema de referencia relativo hacia el centro de la Tierra, cuando se le preguntó por qué viven con esta orientación contestó: “Por la fuerza de la gravedad, no nos sentimos de cabeza”. Pero en la situación gráfica dibujó los personajes según un sistema de referencia geométrico absoluto hacia abajo. Cuando se le preguntó por qué viven así los personajes, con esta orientación, este maestro respondió:

Está en forma plana, planisferio. No iban a estar de cabeza, iban a estar en su posición normal. En realidad no estamos de cabeza. No se puede dibujar en una parte plana, no puedo representar en una parte plana, esta parte que hice con plastilina.

Esta incoherencia entre la situación de la plastilina y la gráfica que presentan los maestros de esta concepción, se debe a dificultades para conservar un sistema de referencia relativo hacia el centro de la Tierra, al pasar de una situación tridimensional a una bidimensional, más compleja a la hora de representar este concepto.

El sistema de referencia en la situación de las piedras que dejan caer los personajes (pregunta 8) y en la del nivel del agua en las botellas (pregunta 9), es absoluto hacia abajo (ver Figura 6).

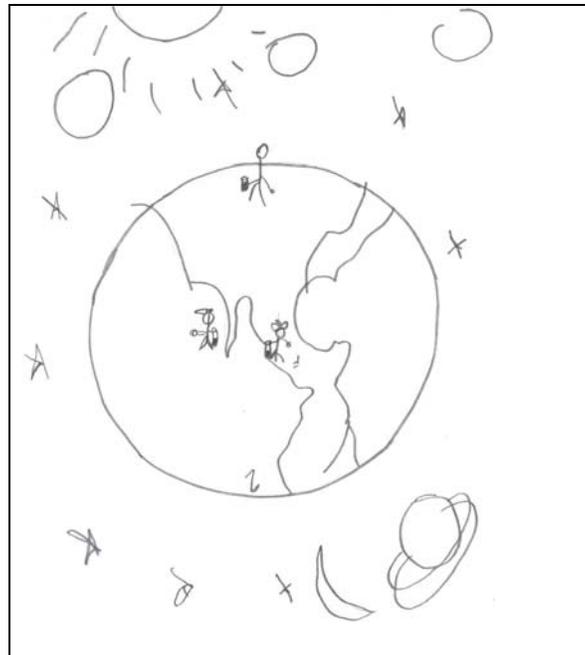


Figura 6. Dibujo del planeta Tierra y representación del sistema de referencia geométrico en la concepción 3 (maestra de 48 años de edad)

Concepción 4. El planeta Tierra tiene una forma esférica. Las personas viven en la superficie del planeta orientadas según un sistema de referencia relativo hacia el centro de la Tierra. Corresponde a la concepción científica del planeta Tierra. Los maestros clasificados en esta concepción piensan que la Tierra tiene forma esférica y que las personas viven alrededor de su superficie, donde hay continentes, orientadas en un sistema de referencia relativo hacia el centro de la Tierra.

A diferencia de la concepción 3, todos los maestros de esta concepción presentan un sistema de referencia relativo hacia el centro de la Tierra en todas las situaciones del bloque temático 4 (sistema de referencia geométrico). Orientan los personajes de distintas nacionalidades según un sistema de referencia relativo hacia el centro de la Tierra en la situación de la plastilina, y en la situación gráfica siguen manteniendo esta orientación (Ver Figura 7).

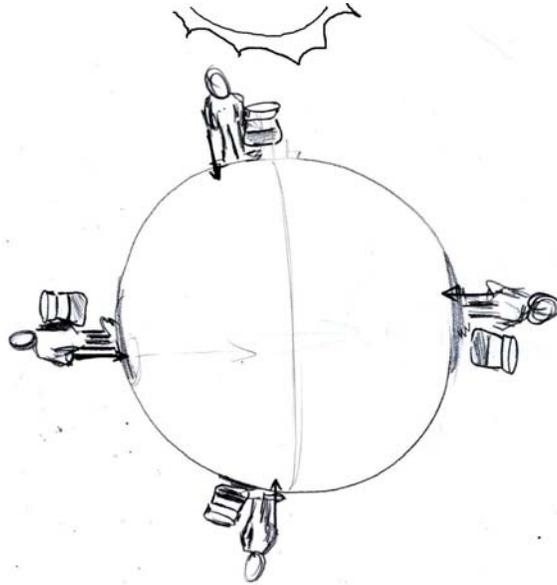


Figura 7. Dibujo del planeta Tierra y representación del sistema de referencia geométrico en la concepción 4 (maestro de 44 años de edad)

En la situación de las piedras que dejan caer los personajes y del nivel del agua de las botellas, el sistema de referencia es relativo hacia el centro de la Tierra. Un ejemplo de estas respuestas se presenta en el siguiente fragmento de entrevista:

**E:** Imagine que el personaje mexicano tiene una piedra en la mano y la deja caer. Dibuje el camino de la piedra.

**M:** Sería hacia la superficie, perpendicular hacia la superficie.

**E:** Lo mismo con el esquimal, el chino y el pingüino, ¿cómo será la trayectoria de las piedras? (El maestro dibuja). ¿Por qué seguirán esa dirección las piedras?

**M:** Lo mismo que le dije ahorita, la Tierra tiene esa fuerza que atrae a sus objetos a su centro. Si hiciéramos aquí un agujero muy grande seguiría el camino hacia el centro, siempre al centro.

**E:** Imagine que esta botella está medio llena de agua y está al lado del personaje mexicano, en el polo norte, en el polo sur y en China. Dibuje cómo estarán las botellas y el nivel del agua (el maestro dibuja). ¿Por qué estará así el nivel del agua en las botellas?

**M:** Igual, también la parte alta del agua, se encontraría perpendicular, o sea paralela, a la superficie terrestre. De hecho el nivel del mar funciona en relación a la fuerza de la gravedad, en ninguna parte el mar está más alto que en otra.

En la Tabla VI se presentan las frecuencias de maestros en las distintas concepciones del planeta Tierra.

Tabla VI. Frecuencia de maestros en las concepciones del planeta Tierra según el sexo

<b>Concepciones del planeta Tierra</b>	<b>Maestras</b>	<b>Maestros</b>	<b>Total</b>
Concepción 1. El planeta Tierra tiene una forma indefinida. El sistema de referencia geométrico es absoluto hacia abajo.	4 (16.66%)	3 (5.35%)	7 (8.75%)
Concepción 2. El planeta Tierra tiene una forma definida (esfera, disco). En el interior del planeta viven las personas orientadas en un sistema de referencia absoluto hacia abajo.	3 (12.5%)	3 (5.35%)	6 (7.5%)
Concepción 3. El planeta Tierra tiene una forma esférica. Las personas viven en la superficie de la Tierra orientadas en un sistema de referencia absoluto hacia abajo.	10 (41.66%)	16 (28.57%)	26 (32.5%)
Concepción 4. El planeta Tierra tiene una forma esférica. Las personas viven en la superficie del planeta orientadas según un sistema de referencia relativo hacia el centro de la Tierra.	7 (29.16%)	34 (60.71%)	41 (51.25%)
Total	24	56	80

Existen diferencias significativas según el sexo de los maestros en la distribución de las concepciones,  $\chi^2(1, N = 80) = 6.692, p < 0.05$ . Una mayor frecuencia de maestros presentan la concepción científica (60.7%) que las maestras (29.1%). No se han encontrado diferencias significativas en la distribución de las concepciones en función de la edad de los maestros,  $\chi^2(1, N = 80) = .440, p > .05$ ; los años de docencia,  $\chi^2(1, N = 80) = .001, p > .05$  y los estudios realizados,  $\chi^2(1, N = 80) = 0.359, p > 0.05$ .

### III. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio indican que casi la mitad de los maestros (49%) presentaron concepciones alternativas del planeta Tierra y el sistema de referencia geométrico determinado por la gravedad (concepciones 1, 2 y 3) y que existen diferencias significativas según el sexo. Una mayor frecuencia de maestras sostuvieron concepciones alternativas (70.82%) que los maestros (39.27%).

La alta frecuencia de maestros con concepciones alternativas del presente estudio, en comparación con los resultados de Vega (2001), en el que sólo 12.5% de una muestra de maestros de primaria de Tenerife (España) sostuvo concepciones alternativas, puede deberse a diferencias en los instrumentos utilizados. Los estudios sobre comparaciones metodológicas realizados sobre este tema (Panagiotaki *et al.*, 2006; Siegal *et al.*, 2004), han constatado un

aumento en las respuestas científicas de los participantes cuando el instrumento requiere de respuestas de reconocimiento, como en los cuestionarios de selección múltiple, que es el instrumento utilizado en el trabajo de Vega (2001). En el presente estudio, el instrumento consistió en una entrevista formada por preguntas abiertas que requieren del participante respuestas de producto (una explicación, un dibujo, modelado), más complejas que las respuestas de reconocimiento, pero que permiten obtener información más completa y profunda acerca de la comprensión de los maestros sobre este tema de ciencias.

Sin duda, el elemento que más determinó el alto porcentaje de maestros con concepciones alternativas, es que en el presente estudio se tuvieron en cuenta el tema de la gravedad y cómo se articula con la forma del planeta Tierra, a diferencia del estudio de Vega (2001), que sólo tuvo en cuenta la forma de la Tierra. La consideración de este elemento hizo que 32.5% de los maestros se situaran en la concepción 3 (el planeta Tierra tiene una forma esférica y las personas se orientan en la superficie de esta esfera según un sistema de referencia absoluto hacia abajo).

De todas maneras, los resultados de este trabajo resultan desalentadores, comparados con los obtenidos por Fernández (2004a), con características metodológicas semejantes y en el que también se tuvo en cuenta el tema de la gravedad. En ese estudio, niños de 12 años presentaron con mayor frecuencia la concepción científica (60%), que en el presente trabajo, donde sólo 51% de los maestros de primaria sostuvieron esta concepción.

Las diferencias de género encontradas en este trabajo coinciden con los resultados de numerosos estudios que señalan una ejecución superior de los hombres en la solución de problemas de ciencias que las mujeres (Cleary, 1991; Beller y Gafni, 1996; Penner, 2003). Esta diferencia de ejecución se ha explicado por la cultura de género, como los estereotipos de competencias atribuidos a los sexos (Smith, Sansone y White, 2007) y por diferencias en determinadas habilidades de origen biológico (Baron-Cohen, 2003).

Las concepciones alternativas del planeta Tierra que se han identificado en este trabajo presentan una considerable coincidencia con las encontradas en los estudios anteriores realizados con niños. La concepción de una Tierra indefinida (concepción 1) ha sido identificada en los trabajos de Nussbaum y Novak (1976), Mali y Howe (1979), Nussbaum (1979), Sneider y Pulos (1983), Fernández (2004a, 2004b). La concepción 2, en la que los maestros creen que en el interior de la forma esférica del planeta Tierra viven las personas orientadas en un sistema de referencia absoluto hacia abajo fue identificada por Mali y Howe (1979), Nussbaum (1979), Sneider y Pulos (1983), Vosniadou y Brewer (1992), Fernández (2004a y 2004b). Finalmente, la idea de que las personas viven alrededor de la superficie esférica del planeta Tierra orientadas en un sistema de referencia absoluto hacia abajo (concepción 3) también ha sido identificada en los

trabajos anteriores, a excepción del estudio de Vosniadou y Brewer (1992), que no consideró el sistema de referencia determinado por la gravedad.

Estas semejanzas entre las concepciones alternativas identificadas en maestros de primaria y en los trabajos realizados con niños y la alta frecuencia de maestros con concepciones alternativas, indican que el proceso de desarrollo del planeta Tierra no es uniforme ni universal. Un alto porcentaje de participantes, en su mayoría maestras, presentan concepciones previas basadas en datos de la percepción aparente (como la concepción 1) o concepciones que articulan datos de la percepción aparente con conocimientos académicos (concepciones 2 y 3). Estos resultados sugieren que alcanzar una comprensión esférica del planeta Tierra y con un sistema de referencia geométrico relativo hacia el centro de la Tierra no resulta tan fácil como cabría esperarse de un conocimiento básico de astronomía.

Los resultados de este estudio señalan una falta de preparación de los maestros en temas básicos de ciencias, lo que constituye una restricción importante para alcanzar una enseñanza de las ciencias de calidad. Diversos autores han señalado que las concepciones alternativas de los maestros pueden ser uno de los orígenes de las ideas previas que presentan sus alumnos sobre estos temas ciencias (Schoon, 1995; Trundle, *et al.* 2002, Kikas, 2004;).

Además, la escasa preparación disciplinar tiene repercusiones en la calidad de las prácticas educativas. En la medida en que estos maestros no son conscientes de que poseen concepciones alternativas sobre los temas de ciencias que deben enseñar a sus alumnos y no han experimentado el cambio conceptual, difícilmente podrán aplicar en sus lecciones prácticas educativas constructivistas y centradas en el alumno, que partan de las ideas y experiencias previas de éste, y utilicen el error como un elemento clave de la construcción del conocimiento.

Las implicaciones educativas que señalan los resultados de este estudio apuntan al diseño y planificación de programas de formación de calidad y equidad, para maestros en el área de la enseñanza de las ciencias. Las instituciones educativas tienen que tomar las medidas más adecuadas para que todos los maestros de primaria logren una alfabetización científica en ciencias, que les permita ser profesionales de la educación informados, críticos y responsables, capaces de tomar decisiones individuales y colectivas sobre los problemas científicos y tecnológicos.

Estas medidas deben estar dirigirse a una reforma de los cursos de formación para maestros de primaria. En el diseño de dicha reforma hay que considerar que no sólo basta con capacitar a los maestros en las herramientas pedagógicas, sino también en los contenidos de ciencia que deben enseñar a sus alumnos. Así mismo, deben tenerse en cuenta los estudios que han encontrado que los cursos de formación para maestros elaborados bajo una perspectiva constructivista son

exitosos (Camino, 1995; Atwood y Atwood, 1997; Navarrete, 1998; Trumper, 2006; Trundle, *et al.* 2002). Un alto porcentaje de maestros y alumnos normalistas que han recibido cursos basados en una perspectiva constructivista consiguen modificar en científicas sus concepciones alternativas sobre diversos temas de ciencias.

## Referencias

Appleton, K. (2003). How do beginning primary school teachers cope with science? Toward an understanding of science teaching practice. *Research in Science Education*, 33, 1-25.

Atwood, R. K. (1995). Preservice elementary teachers' conceptions of what causes night and day. *School Science and Mathematics*, 95 (6), 290-294.

Atwood, R. K. y Atwood, V. A. (1997). Effects of instruction on preservice elementary teachers' conceptions of the causes of night and day and the seasons. *Journal of Science Teacher Education*, 8 (1), 1-13.

Baron-Cohen, S. (2003). *The essential difference: The truth about the male and female brain*. Nueva York: Basic Books.

Beller, M. y Gafni, N. (1996). The 1991 international assessment of educational progress in mathematics and sciences: The gender differences perspective. *Journal of Educational Psychology*, 88 (3), 365-377.

Camino, N. (1995). Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 81-96.

Cleary, A. (1991). Gender differences in aptitude and achievement test scores. *Educational Testing Service, Sex equity in educational opportunity, achievement, and testing: Proceedings of the 1991 ETS Invitational Conference* (pp. 51-90). Princeton, NJ: Educational Testing Service.

De Manuel, J. (1995). ¿Por qué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), 227-236.

Fernández, T. (2004a). Concepciones del planeta Tierra. Capacidades espaciales implicadas. *Infancia y Aprendizaje*, 27 (2), 189-210.

Fernández, T. (2004b). Concepciones del planeta Tierra en indígenas karajás de Brasil. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 12 (2), 161-182.

Kikas, E. (2004). Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (5), 432-448.

Mali, G y Howe, A. (1979). Development of earth and gravity concepts among nepali children. *Science Education*, 63 (5), 685-691.

Navarrete, A. (1998). Una experiencia de aprendizaje sobre los movimientos del sistema Sol/Tierra/Luna en el contexto de la formación de maestros. *Investigación en la Escuela. Revista de Investigación e Innovación escolar*, 35, 5-20.

Nussbaum, J. (1979). Children's conception of the earth as a cosmic body: A cross-age study. *Science Education*, 63 (1), 83-93.

Nussbaum, J. y Novak, J. (1976). An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. *Science Education*, 60 (4), 535-550.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2000). *Measuring student knowledge and skills: The PISA assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. París: Autor.

Panagiotaki, G., Nobes, G. y Banerjee, R. (2006). Children's representations of the earth: A methodological comparison. *British Journal of Developmental Psychology*, 24 (2), 353-372.

Parker, J. y Heywood, D. (1998). The earth and beyond: Developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20 (5), 503-520.

Penner, A. (2003). International gender x item difficulty interactions in mathematics and science achievement tests. *Journal of Educational Psychology*, 95 (3), 650-655.

Samarapungavan, A., Vosniadou, S. y Brewer, W. (1996). Mental models of the earth, sun, and moon: Indian children's cosmologies. *Cognitive Development*, 11 (4), 491-521.

Schoon, K. J. (1995). The origin and extent of alternative conceptions in the earth and space sciences: A survey of pre-service elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 7 (2), 27-46.

Siegal, M., Butterworth, G. y Newcombe, P. (2004). Culture and children's cosmology. *Developmental Science*, 7 (3), 308-324.

Smith, J., Sansone, C. y White, P. (2007). The stereotyped task engagement process: The role of interest and achievement motivation. *Journal of Educational Psychology*, 99 (1), 99-114.

Sneider, C. y Pulos, S. (1983). Children's cosmographies: Understanding the earth's shape and gravity. *Science Education*, 67, 205-221.

Trumper, R. (2003). The need for change in elementary school teacher training – A cross-college age study of future teachers' conceptions of basic astronomy concepts. *Teaching & Teacher Education*, 19 (3), 309-323.

Trumper, R. (2006). Teaching future teachers basic astronomy concepts–seasonal changes–at a time of reform in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (9), 879-906.

Trundle, K. C., Atwood, R. K. & Christopher, J. E. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (7), 633-658.

Vega, A. (2001). Tenerife tiene seguro de Sol (y de Luna): Representaciones del profesorado de primaria acerca del día y la noche. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 31-44.

Vosniadou, S. y Brewer, W. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24 (4), 535-585.

---

<sup>1</sup> El presente trabajo ha sido posible gracias a la financiación de los fondos mixtos CONACYT-Gobierno del estado de Sonora (SON-2004-C02-007) y a la valiosa colaboración de los maestros que participaron.

<sup>2</sup> Los Yaquis son un grupo étnico que pertenece a la familia Yuto-Azteca, grupo Pima y subgrupo Opata Cahita Tarahumara y se sitúan en la región suroeste del estado de Sonora, en México.